Gedruckt mit Unterstützung aus dem Jerome und Margaret Stonborough-Fonds

Über das große Eisenbedürfnis der Reispflanze (*Oryza sativa* L.)

Von

O. Richter (Brünn)

k. M. d. Akad. d. Wiss.

Aus dem Institute für Botanik, Warenkunde, technische Mikroskopie und Mykologie der deutschen technischen Hochschule in Brünn Nr. 11.

(Mit 1 Tafel)

(Vorgelegt in der Sitzung am 29. April 1926)

In Semlers berühmten Werke (1903) findet sich p. 29 die folgende Analyse:

	Körner	Schalen	Stroh
Kali ..	**18·48**[1]	1·60	**10·27**[1]
Natron ..	10·67	1·58	3·82
Kalk .	1·27	1·01	0·73
Magne. .	**11·69**[1]	1·96	4·49
Eisenoxyd	0·45	0·54	0·67
Phosphorsäure .	53·36	1·86	1·09
Schwefelsäure. ..	—	0·92	3·56
Chlor .	0·27	0·34	0·33
Kieselsäure .	3·35	**89·71**[1]	**74·09**[1]
Verlust .	0·46	0·48	**0·95**
	100·00	100·00	100·00

die es wahrscheinlich macht, daß der Reis ein besonders großes Bedürfnis für Magnesium, respektive Kalium besitzt und die es aussichtsreich erscheinen ließ, mit dieser Pflanze Versuche über die Krankheitserscheinungen, die Mg-Mangel in der Nährflüssigkeit auszulösen vermag, in Szene zu setzen. Habe ich doch bisher trotz jahrelanger Beschäftigung mit dem Probleme (1, 1902, p. [171] 1) weder bei Bohnen, noch bei Mais, noch bei Roßkastanien oder anderen Pflanzen die von Schimper (1888, p. 103) beschriebenen, durch das allerdings gleichzeitige Weglassen des Mg und K aus der Nährlösung bedingten Erkrankungsphänomene zu beobachten Gelegenheit gehabt, was ich mir entweder so erkläre, daß »es« wie Schimper, p. 104, selbst aus seinen Versuchen ableitet, »der Mangel

[1] Von mir fett gedruckt.

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

an Kali, nicht an Magnesia war, der die beschriebenen pathologischen Erscheinungen verursacht hatte« oder daß »sich« wie das Jost (1908, p. 96) vom Reserveeisen ausführt, »Pflanzen mit großen Kotyledonen, z. B *Phaseolus*« deshalb vielleicht »überhaupt schlecht zu solchen Versuchen« »eignen«, »weil« »der« Mg-»Vorrat (vgl. die obige Analyse von Reis) eventuell für die ganze Pflanze ausreicht«.

Tatsache war, daß auf die Dauer der Kultur in der Entwicklungsgeschwindigkeit die Mg-frei gezogenen Versuchspflanzen mit den mit Mg-Salzen ernährten Kontrollobjekten, vielleicht mit alleiniger Ausnahme der Roßkastanien, stets gleichen Schritt hielten. Auch schien mir die Reispflanze noch aus dem Grunde für einschlägige Experimente besonders geeignet, da sie als Sumpfpflanze wie kein zweites Kulturgewächs zur Wasserkultur prädestiniert erschien.

Ich schrieb daher an meinen hochverehrten Lehrer und Freund, Herrn Hofrat Prof. Dr. Hans Molisch, nach Sendai in Japan um etliche Proben von *Oryza sativa*, die denn auch im September des Jahres 1924 eintrafen.

Es waren:

1. Gewöhnlicher Reis, Rassenname »Miyagi-aihoku«, kultiviert an der landwirtschaftlichen Versuchsstation der Miyagi-Präfektur (nächst Sendai). Ernte vom Herbst 1923.

2. Klebreis, Rassenname »Miyagi-akamochi«, kultiviert an der landwirtschaftlichen Versuchsstation der Miyagi-Präfektur (nächst Sendai). Geerntet im Herbst 1923.

Hiervon wurde bisher nur mit dem gewöhnlichen Reis Nr. 1 gearbeitet.

Da die Jahreszeit bereits zu weit vorgeschritten war, verschob ich, zumal ja nach Willstätter's Befund (1913, p. 169) über die Zusammensetzung des Chlorophylls im Habitus der grünen Blätter der entscheidende Unterschied zu erwarten war, mit Rücksicht auf die große Bedeutung starker Beleuchtung für die üblichen Chloroseversuche, die Inangriffnahme der Experimente über die Bedeutung des Mg für die Entwicklung der Reispflanze auf den Mai, beziehungsweise Juni des Jahres 1925.

Vorversuche über die Keimfähigkeit des in der Versandtmetallbüchse aufbewahrten Saatguts auf mit destilliertem oder Leitungswasser befeuchtetem, in Krystallisierschalen ausgelegtem Filtrierpapiere ergaben zunächst eine 100%ige Keimfähigkeit.

Man kann sich daher einen Begriff von meiner Überraschung machen, als ich sah, wie dieses erstklassige Saatgut aus den Zuchtstationen der Miyagi-Präfektur (nächst Sendai), für das ich auch hier sowohl Herrn Hofrat Hans Molisch als dem Herrn Direktor J. Terasawa meinen verbindlichsten Dank zum Ausdruck bringen möchte, sowie es aufs Netz gesetzt war, in einer Nährlösung der folgenden Zusammensetzung:

auf 1000 *T* dest. H_2O
1 *g* $Ca(NO_3)_2$

© Verlag Akademie der Wissenschaften in Wien; download unter www.biologiezentrum.at

0·25 *g* KH_2PO_4
0·25 » $MgSO_4$
Spur $FeSO_4$

völlig versagte und über ein bleiches Kümmerstadium von im Maximum 5 *cm* Länge einfach nicht hinauszubringen war, ganz gleichgültig, ob der Stammlösung $MgSO_4$ zugesetzt worden war oder nicht, ob reichliche durch die obige Analyse motivierbare Mengen K (als Sulfat und Phosphat) zur Verfügung standen oder nicht.

Die Zucht im dunstgesättigten Raume unter Glasglocken, die zur Hälfte mit nassem, dauernd tropfnaß gehaltenem Filtrierpapier ausgekleidet worden waren, ließ zwar einen weiteren Zuwachs von rund 2 bis 3 *cm* konstatieren, damit war aber auch alles erreicht, was unter diesen Umständen mit dem Reis zu erzielen war. Die Kümmerlinge waren blaßgrün, manchmal etwas anthokyanhaltig, inklinierten sehr zum Pilzbefall, bekamen bald braune Blättchen, kamen wiederholt aus dem Kotyledonarstadium nicht heraus, kurz: erwiesen sich als kränklich und starben bald ab.

Soweit waren meine Untersuchungen gediehen, als mir Molisch's hochinteressante Botanische Beobachtungen in Japan III. bis IX. zukamen, deren kurz gefaßter Inhalt sich im Zentralblatt für Bakteriologie etc., 1926 findet (siehe O. Richter, 7) [ausführlich dargestellt in H. Molisch's, 5, 1926].

Da waren es zwei Stellen in Abhandlung VIII »Die Eisenorganismen in Japan«, p. 137/38 und 156, die des Rätsels Lösung zu enthalten schienen:

»Auf meinen weiten Reisen, die ich in Süd-, Nord-, Ost- und Westjapan unternommen habe, habe ich mich überzeugt, daß die Eisenbakterien in Japan ungeheuer verbreitet sind, und zwar ganz besonders in den berieselten Reisfeldern.«

»Ein großer Teil des Landes besteht aus Reisfeldern und diese beherbergen in ihrem Inundationswasser allenthalben eine große Menge von Eisenbakterien, verschiedene Eisenorganismen...«

P. 138. »Schon mit freiem Auge kann man nicht selten viele Quadratmeter des Wassers im Reisfeld mit einer schleimig rostfarbenen Masse teilweise erfüllt sehen und wenn man sie mikroskopisch untersucht, so findet man, daß sie häufig großenteils aus Eisenbakterien und gefälltem Eisenoxydhydrat besteht. Es mag dies unter anderem auch damit zusammenhängen, daß der Boden in Japan auf weite Strecken sehr eisenreich ist und deshalb eine ockerige Farbe aufweist.«

P. 156. »Zu wiederholten Malen war mir aufgefallen, daß, wenn ich junge Reispflanzen auf dem Reisfelde aus dem nassen Boden zog, die Wurzeln abgesehen von den jüngsten Teilen rostbraun gefärbt waren. Die Ursache der Braunfärbung war Eisenoxyd, das in Form einer bräunlichen Masse auf der Oberfläche der Wurzel niedergeschlagen ist. Die Wurzelhaare erschienen deutlich mit Eisenoxydhydrat bedeckt, überdies enthielt auch ihre Membran viel locker gebundenes Eisen. In noch viel auffallender Weise sind die Wurzeln schon fruchttragender Pflanzen mit Eisenoxyd bedeckt und daher tief rostbraun.

Obwohl das Wasser der Reisfelder in Japan oft reich an Eisen ist, so muß es doch als eine auffallende Eigenschaft der Reiswurzel hingestellt werden, Eisen an ihrer Oberfläche niederzuschlagen, da andere im selben Boden gleichzeitig wachsende Pflanzen keine Braunfärbung ihrer Wurzeloberfläche erkennen lassen. Es wäre sehr wünschenswert, diese Erscheinung weiter zu untersuchen.«

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Der nächste Versuch wurde also mit einer Nährlösung durchgeführt, die eine für höhere Pflanzen zurechtgelegte Modifikation* eines für Eisenalgen, insbesondere Diatomeen (*Surirella*) bereits bewährten Nährsubstrates (s. O. Richter, *4*, 1922, p. 203) darstellte. Ihre Zusammensetzung war die folgende:

1000 *T* H_2O dest.
0·5 *g* $Ca(NO_3)_2$
0·5 » KH_2PO_4*
0·2 » KNO_3
0·2 » $MgSO_4$
0·2 » $FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O$.

Diese Lösung enthält also als Eisenquelle das Mohr'sche Salz: $FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O$ in der Konzentration von $0 \cdot 2‰$.

Gleich bei diesem ersten Versuche mit der neuen Nährlösung war das Benehmen der Keimpflanzen von *Oryza sativa* völlig verschieden von dem bisherigen Verhalten: Sattgrün schossen die Keimpflanzen in die Höhe, erreichten in wenigen Tagen die Länge von 20 bis 23 *cm*, kurz: sie waren nicht mehr wieder zu erkennen.

Der betreffende ebenso wie der erste wegen Platzmangels in den Einzelheiten nicht reproduzierte Versuch verfolgte zwei Fragen:

1. Die nach der Wirkung des Mangels von Mg und
2. SiO_2

im Nährsubstrate. Mit Rücksicht auf die zweite Fragestellung waren die Gefäße paraffiniert (vgl. p. 208/209). Die Kieselsäure wurde in die Kontrollgefäße in der einen Kolonne als $CaSi_2O_5$, in der anderen als $K_2Si_2O_5$ in den p. 211 mitgeteilten Konzentrationen zugefügt.

Dieser zweite Versuch lehrte:

1. daß die Versuchspflanzen, die bis dahin über eine Länge von 5, 7 bis 8 *cm* nicht hinausgekommen waren, Längen von 56 *cm* zu erreichen vermochten, daß die Keimlinge wenigstens anfangs durchaus sattgrün waren und daß sie sich bis zum Schlusse kraftstrotzend zeigten.

Da abgesehen von in jedem Gefäße vorkommenden offenbar im Konkurrenzkampf um Licht und Nährsalze unterlegenen zwei bis drei Kümmerlingen jeweilig alle anderen Keimpflanzen diese großen Längen aufwiesen, gleichgültig, ob in den Gefäßen Mg vorhanden war oder nicht, und gleichgültig, ob den Gefäßen SiO_2 zugefügt worden war oder nicht, war

2. zunächst für die Elemente Mg und Si zu erschließen, daß sie bis zur Erreichung einer Länge der Reiskeimlinge von 56 *cm* für diese in Entwicklung begriffenen Pflänzchen als Beigabe zur Nährlösung noch nicht notwendig erscheinen, womit natürlich noch nichts über eine Entbehrlichkeit derselben für *Oryza sativa* gesagt sein soll. Sind ja doch (vgl. hierzu p. 203) in Grasfrüchtchen außer-

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wienl; download unter www.biologiezentrum.at

ordentlich große Mengen Reserve-Mg vorhanden (bei Reis 11·69% Mg in den Körnern) und, wer sich die Mühe nimmt, die Reisspelzen zu veraschen, erhält wohl auch eine Vorstellung davon, daß den in »Paraffingefäßen« kultivierten Pflänzchen, denen also eine SiO_2-Entnahme aus dem Glase der Kulturgefäße unmöglich gemacht war, in ihren Spelzen immerhin noch ein derart großer Reservefond an SiO_2 mitgegeben sein konnte, daß sich hieraus allein schon das gleichartige Wachstum in SiO_2-freien und SiO_2-haltigen Gefäßen erklären könnte.

War also in der Richtung der Aufklärung der Rolle des Mg und des Si der zweite Versuch ein glatter Versager, so forderte der Vergleich der Ergebnisse der beiden ersten Experimente mit ihren großen Wachstumsunterschieden geradezu zu

vergleichenden Versuchen über das Eisenbedürfnis von Reispflänzchen

heraus. Denn das jetzige üppige Gedeihen der Keimpflanzen konnte nur auf die in 0·2‰ $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6\,H_2O$ gebotene relativ große Eisenmenge von 0·0285, rund 0·03‰ Fe zurückgeführt werden.

Und die einzig mögliche Erklärung für die früheren Versager war die bisherige Verwendung einer Nährlösung mit der besonders für einen Molisch-Schüler (vgl. Molisch, *1*, 1892, p. 91) so wohl vertrauten »Spur Eisenvitriol« oder »Eisenchlorid«.

Einer Stammlösung folgender Zusammensetzung:

1000 *T* dest. H_2O
0·5 *g* $Ca(NO_3)_2$
0·2 » KNO_3
0·2 » KH_2PO_4
0·25 *g* $MgSO_4$ als [Kolonne IV]

wurden sonach in Kolonne III so viel $(NH_4)_2SO_4$, als der in 0·2‰ $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6\,H_2O$ enthaltenen Menge dieses Salzes isomotisch ist, also 0·07‰ $(NH_4)_2SO_4$, in Kolonne II 0·02‰ $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6\,H_2O$ (= 0·00285, rund 0·003‰), also eine »typische Spur« Fe und in Kolonne I 0·2‰ $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6\,H_2O$ (= 0·00285, rund 0·03‰ Fe) zugesetzt.

Das Ergebnis dieses Versuches ist in überaus anschaulicher Weise durch die Photographien Fig. 1 und 2 wiedergeben und der Verlauf des Experimentes in Protokoll I, p. 220, einzusehen.

Dieser Versuch beweist zunächst einwandfrei, was schon im früheren Experimente zutage trat, daß

1. das Mohr'sche Salz, $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6\,H_2O$ eine ausgezeichnete Eisenquelle für *Oryza sativa* darstellt unter der Voraussetzung, daß es für eine Eisengabe

2. relativ konzentriert, und zwar als 0·2‰ Mohr'sches Salz (= 0·03‰ Fe) geboten wird (I),

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

3. daß eine sogenannte Spur Eisen (0·003‰ Fe = 0·02‰ Mohr'sches Salz) für die Entwicklung der Reispflanze nicht mehr ausreicht (II) Fig. 1, daß vielmehr

4. bei 0·02‰ $FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O$ bereits der Kotyledo, besonders aber die ersten sich entwickelnden Blättchen typische Erscheinungen von Chlorose und Hand in Hand damit schon in diesen ersten Entwicklungsstadien einsetzende Hemmungserscheinungen im Längenwachstum aufweisen (II), wie sie in gleicher oder naturgemäß in noch verschärfter Form

5. in den Fe-frei gehaltenen Lösungen III und IV zu sehen sind, von denen III zur Fe-freien Stammlösung soviel $(NH_4)_2SO_4$ zugesetzt bekam, als mit der in 0·02‰ Mohrsalz enthaltenen $(NH_4)SO_4$-Menge isosmotisch ist. Daraus erhellt aber weiter,

6. daß nicht etwa die im $(NH_4)_2SO_4$ gebotene größere N- oder S-Menge, respektive die weitere Darbietung des ohnehin in Nitratform gebotenen N als NH_4 in dem Mohr'schen Salze das Entscheidende für die sofortige (II [Fig. 1]), beziehungsweise (I und II [Fig. 2]) Förderung des Wachstums und der Chlorophyllbildung in den Fe-haltigen Gefäßen I und II war.

Da jede zu überprüfende Lösung auf 3 Gefäße mit je 9 (zusammen also auf je 27) Keimlingen aufgeteilt war, von denen Fig. 1 immer je eines nach sechs (!) Tagen, Fig. 2 am Versuchsschlusse, den 4. August 1925, also nach weiteren fünf Tagen, jeweilig alle drei Gefäße gleicher Art auf einmal zeigt, kann von einer Täuschung durch individuelle Verschiedenheiten keine Rede sein.

Somit beweist bereits dieser Versuch in seiner dreifachen gleichzeitigen Wiederholung und mit Bezug auf die auf p. 214 angeführten Angaben der einschlägigen Literatur, daß das Bedürfnis des Reises für in der Nährlösung gebotenes Eisen das anderer Kulturpflanzen weit übertrifft, was entweder so erklärt werden könnte, daß im Reis an sich weniger Reserveeisen vorhanden wäre oder daß die Pflanze weniger gut befähigt sein könnte, es zu mobilisieren, so daß sie zum Aufbau ihrer Organe direkt schon in den frühesten Entwicklungsstadien einen nicht unbedeutenden Eisenzuschub von außen benötigt.

Immerhin wollte ich noch bei einem neuen das SiO_2-Bedürfnis der Reispflanze kontrollierenden Experimente eine weitere Bestätigung für diese Schlußfolgerung gewinnen, indem ich gleichzeitig in der Fe-Zugabe noch etwas weiter hinaufging.

Da diesmal wieder das Kieselsäurebedürfnis mit zu überprüfen war, wurden die Kulturgefäße wieder paraffiniert, nachdem sie wie gewöhnlich zuvor mit konzentrierter H_2SO_4 und dann mit viel destilliertem Wasser bis zur neutralen Reaktion gewaschen und gut getrocknet worden waren. Als Paraffin kam diesmal reinstes bei 78° C. schmelzendes Paraffin von Merk zur Anwendung, nachdem ich mich beim ersten diesbezüglichen Versuche mit reinstem Paraffin vom Schmelzpunkt 52° C. hatte begnügen müssen, da das schwerer

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

schmelzbare Paraffin damals in Brünn einfach nicht aufzutreiben war. Die Technick dieser von Molisch (*2*, 1895, p. 8) in die botanische Literatur eingeführten Methode der Kulturgefäßparaffinierung findet sich bereits in meiner Arbeit (*2*, 1906, p. [37] 11) und mit den gleichen Worten in Küster (1913, p. 11) geschildert.[1]

Da der zu schildernde Versuch über das Eisenbedürfnis des Reises mit einem über das SiO_2-Bedürfnis verquickt werden sollte, war auch dem p. 207 erwähnten Einwande, die Fruchtspelzen brächten an sich ausreichend SiO_2 mit, zu begegnen.

Vorversuche über die beste Art der Entfernung der verkieselten Fruchthaut nach vorgängigem Quellen durch Abkratzen, Abschneiden, Abreißen oder Abschaben mit dem Messer oder den Fingernägeln und nachträglichem Auskeimenlassen der Früchtchen, ergaben, daß die Fruchthaut nur sehr schwer von der Frucht herabzuholen war und daß dabei stets oder fast immer das Endosperm derartig weitgehende Verletzungen erfährt, daß die normale Keimung darunter leidet oder Schimmelpilze (Mucor und Penicillium) derart geeignete Angriffsflächen bekommen, daß das Korn von ihnen überwuchert wird, seine Keimfähigkeit verliert und abstirbt [vgl. p. 221].

Nun habe ich mich (*5*/*6*, 1922/24) seit einigen Jahren davon überzeugt, daß die so gefürchtete konzentrierte H_2SO_4 für in Winterruhe befindliche Knospen bei entsprechend kurzer Behandlung nicht nur keine Gefahr bringt, sondern sogar deren Ruhe abzukürzen vermag. Alfr. Fischer (1907, p. 108), V. Arcichovskij (1913, p. 233), ich (1917/19 in *6*, 1924, p. 274) und in letzter Zeit J. Kisser (vgl. O. Richter, *6*, 1924, p. 275) haben auch bei Samen die Verwertbarkeit konzentrierter Schwefelsäure zum Frühtreiben nachgewiesen.

Danach erschienen Versuche, die konzentrierte H_2SO_4 bei Erhaltung der Keimkraft der Früchtchen zur Entfernung der Fruchthaut von *Oryza sativa* zu benützen, nicht aussichtslos. In der Tat war die Hoffnung, die ich in diese Versuche setzte, nicht trügerisch, wie die Schilderung der folgenden

Vorversuche über die Entschälung der Früchtchen mit Hilfe konzentrierter Schwefelsäure[2]

beweisen:

Je 10 bis 11 Früchtchen wurden im trockenen Zustande auf *a*) 10 Sek., *b*) 20 Sek., *c*) 60 Sek. in konzentrierte H_2SO_4 gegeben und diese nach Abgießen[3] mit viel Leitungswasser so lange abgewaschen, bis sich blaues Lackmuspapier vom abfließenden Wasser nicht mehr rötete. Dann wurden die Früchtchen in frischem Leitungswasser 24^h quellen gelassen. Nach dieser Zeit konnte durch einfaches Drücken mit den Fingern oder durch leichtes Ritzen mit dem Fingernagel die Entfernung der Fruchthaut von den Früchtchen bewerkstelligt werden.

Auf mit Leitungswasser angefeuchtetem Filtrierpapiere konnten in der gleichen Zeit wie bei vorgequollenen mit konzentrierter H_2SO_4 nicht vorbehandelten Früchtchen, also nach zwei Tagen, die ersten Keimungen festgestellt werden, und zwar keimten:

---

[1] Ich bin meinem Herrn Assistenten Ing. und Geom. Friedr. Firkuschny von der Lehrkanzel für Landwirtschaft für die große Freundlichkeit, mir diese mühevolle Arbeit nach erstmaliger Demonstration dauernd abgenommen zu haben, zu großem Danke verpflichtet. Ebenso unterstützte er mich beim Auslegen der Früchtchen zur Keimung aufs Regste. Der ihm wiederholt mündlich zum Ausdrucke gebrachte Dank sei hier auch schriftlich wiederholt.

Die Verwendung eines passenden Mazerationsmittels, das nach der Quellung die Fruchthaut leicht abstreifen ließe, war unbedingt notwendig, wollte man die Reservekieselsäure der Spelzen und Fruchthaut einwandfrei ausschalten.

[3] Das vorsichtige Abgießen erhöhte die Zeitdauer der Berührung mit konzentrierter H_2SO_4 noch etwa um 6 bis 10 Sek.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

bei		nach 3		nach 4		davon hatten	nach 9 Tagen lebensf.		verschimmelt	verkümmert
11	*a* (10 Sek.)	2	18·1 %	7	63·6 %	8	72·7 %	5 Pfl 0 *mm* Wurz. 4 Pfl.: 4 *mm* Kotyl.	63·6 %	1	2
10	*b* (20 Sek.)	1	10 %	8	80 %	9	90 %	5 Pfl.: 1 *cm* Wurz. 5 Pfl.: 3 *mm* Kotyl.	60 %	1	3
8	*c* (60 Sek.)			7	87·5 %	7	87·5 %	4 Pfl.: 1 *cm* Wurz. 4 Pfl.: 4 *mm* Kotyl.	37·5 %		4
							lebensfähig		verschimmelt	verkümmert

Danach war das Keimprozent der mit konzentrierter H_2SO_4 vorbehandelten Früchtchen 72·7, 87·5, 90 %, also sehr befriedigend.

Für den eigentlichen großen Eisenkieselsäureversuch wurden die abgezählten 250 Früchtchen ohne Unterschied einer Behandlungsdauer mit konzentrierter H_2SO_4 von 40 Sek. unterzogen, die sich mit allen Hantierungsverzögerungen beim Abgießen der konzentrierten H_2SO_4, dem Zurückhalten der Früchtchen mit einem Glasstab auf 46 Sek. erhöhte, worauf wieder bis zur neutralen Reaktion mit viel Leitungswasser gewaschen wurde. Dieses wurde schließlich durch drei- bis viermaliges Wässern in destilliertem Wasser durch dest. Wasser ersetzt. Nach all diesen Vorbereitungen erfolgte eine 24stündige Quellung der Früchtchen in destilliertem H_2O.

Am Tage darauf konnten die Fruchthäute wieder spielend leicht entfernt werden, so daß die gequollenen 250 Früchtchen von mir und Herrn stud. techn. Albrecht, dem ich hierfür auch hier ebenso wie für die gelungenen Photographien der beigefügten Tafel danke, in 2 Stunden entschält und in gut (exakt) gereinigten, mit weißem, mit destilliertem H_2O angefeuchteten Filtrierpapier ausgekleideten Krystallisierschalen ausgelegt waren.

Zwei Tage darauf keimten 197 Früchtchen, somit 78·8 %. Am 10. August 1925 erfolge das Aussetzen aufs Netz.[1] Dabei waren 135 Keimlinge sehr gut,
30 halbwegs gut,
zusammen also 165 Keimpflanzen verwendbar, was bei 250 ausgelegten entschälten Früchtchen 66 % entspricht. Nach diesen Ergebnissen war also die H_2SO_4-Entschälungsmethode anwendbar, um

[1] Es erübrigt sich wohl, eigens betonen zu sollen, daß die Organtine und Bindfäden bei diesem und allen früheren Versuchen in der bekannten Art mit verdünnter HCl gekocht nnd in viel destilliertem Wasser ausgewaschen wurden.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

sich vor Fehlschlüssen zu bewahren, die ausgelöst werden könnten von Erscheinungen, welche wieder ihrerseits einzig und allein in der in den Fruchtschalen vorhandenen und den Kulturobjekten auf diese Art mitgegebenen Reservekieselsäure ihre Ursache hätten (vgl. p. 227, Versuchsprotokoll des Eisenkieselsäureversuchs).

Für die SiO_2-freie Zucht wurden zwei gleichartig ausgestattete Kolonnen mit der schon von Versuch III bekannten Stammlösung (p. 207) adjustiert:

I. und ihr

II. die mit der im Mohr'schen Salze enthaltenen $(NH_4)_2SO_4$-Menge isosmotische Quantität von $(NH_4)_2SO_4$,

III. $0{\cdot}02\,^0/_{00}$ $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6\,H_2O$

IV. $0{\cdot}2\,^0/_{00}$ $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6\,H_2O$ und

V. $0{\cdot}4\,^0{}_{00}$ $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6\,H_2O$

mit einem Fe-Gehalt von $0{\cdot}057$, rund $0{\cdot}06\,^0/_{00}$ zugesetzt, so daß also die jeweilig gleichen zwei Gefäße jeder Kolonne sich im Effekte gegenseitig kontrollierten. Jedes Gefäß erhielt neun Keimlinge, die mit der Pinzette vorsichtig aufgesetzt wurden.

Für die SiO_2-Experimente waren auch zwei einander gegenseitig kontrollierende Kolonnen zu je fünf Gefäßen gedacht, die eine mit einem Zusatz von $0{\cdot}02\,^0/_0$ $CaSi_2O_5$ (auf die 300 cm^3 Nährlösung jedes Gefäßes also $0{\cdot}06\,g$) zu jedem Gefäße, die andere mit einem solchen von $0{\cdot}01\,g$ $K_2Si_2O_5$ für 100 cm^3 Nährlösung (vgl. O. Richter, 2, 1906, p. [40/1] 14/15).

Leider blieben von den zum Keimen ausgelegten Früchtchen, wie oben p. 8 erwähnt, nur 30 minderwertige Keimpflanzen für die $K_2Si_2O_5$-Kolonne übrig, so daß diese Versuchskolonne nicht als vollwertig angesehen werden kann.

Es standen einander also streng genommen nur ein aus fünf Gefäßen bestehender $CaSi_2O_5$-Fe-Versuch mit der in I bis V angeführten Gliederung und ein aus zwei gleichwertigen SiO_2-freien Kolonnen bestehender Versuch der gleichen Gliederung zur Prüfung der Kieselsäure-Fe-Frage gegenüber, die sich bezüglich des Verhaltens des Reises zum Fe in allen Einser-, Zweier-, Dreier-, Vierer- und Fünfergefäßen, also dreimal, gegenseitig kontrollierten.

Den Verlauf des Versuches zeigt Protokoll II, p. 227, den Effekt Photographie Fig. 3.

Bei dieser steht im Vordergrunde die Gefäßkolonne des $CaSi_2O_5$-Fe-Experiments. Dahinter befinden sich die jeweilig zusammengehörigen zwei Gefäße des SiO_2-freien Fe-Versuches.

Aus der Photographie Fig. 3 geht einwandfrei hervor, daß bis zur photographierten Länge die im dunstgesättigten Raume in ineinandergestürzten mit feuchten Filtrierpapier an der Schattenseite ausgekleideten mit Wasser abgeschlossenen Glasaquarien herangewachsenen, durchaus prächtige Guttation aufweisenden Keimlinge

1. keinen Unterschied im Habitus zeigen, gleichgültig ob ihrer Nährlösung $CaSi_2O_5$ zugefügt wurde oder nicht,

2. daß genau die gleiche Abstufung in den Längenzuwächsen in I, II, III, IV und V zu beobachten war, gleichgültig ob die jeweiligen Fe-freien (I und II), respektive Fe-haltigen Lösungen (III, IV und V) eine $CaSi_2O_5$-Zutat enthielten oder nicht.

Nur scheinen die Pflänzchen dieses Entwicklungsstadiums in $0{\cdot}4\,^0/_{00}$ $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6\,H_2O$ im Wachstum ein wenig gehemmt, als ob $0{\cdot}4\,^0/_{00}$ bereits etwas zuviel des Guten gewesen wäre. Analog fiel der $K_2Si_2O_5$-Versuch aus.

Die Betrachtung der Photographie 3 ergibt weiter, daß bei den drei ersten Gefäßgruppen die Chlorose wieder im wesentlichen in

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

der schon in den Fig. 1 und 2 zur Darstellung gebrachten Art zu sehen war. Nur trat sie etwas später ein und war etwas weniger kraß.[1]

4. Eigens eingeschaltete Veraschungsproben ergaben bei den SiO_2-Pflanzen der $K_2Si_2O_5$-Kolonne (III [p. 231]) eine zwar stärkere und zusammenhängendere Asche als bei den SiO_2-frei gezogenen Pflanzen, doch war dies am Tage der Photographie, am 17. August 1925, mit den jungen Keimpflanzen erzielte Ergebnis nicht entfernt zu vergleichen jenem Unterschiede, der beim ersten diesbezüglichen Versuche der p. 206 bei den Blättern der 56 *cm* langen Pflänzchen aus den $CaSi_2O_5$-, respektive $K_2Si_2O_5$-Nährlösungen und an denen der entsprechenden Kontrollobjekte erzielt wurde.

Schon das Verhalten bei der Veraschung dieser Vergleichspräparate war auffallend verschieden. Die SiO_2-Blätter ergaben beim Anbrennen von der Spitze her eine direkt steif bleibende Asche, die im Mikroskope alle von Wiesner-Weese (1921, p. 375) gezeichneten für *Oryza sativa* charakteristischen Aschendetails aufwies. Die Asche der SiO_2-frei gezogenen Pflanzen schmolz dagegen zu wenig charakteristischen Ballen zusammen, die zwar bei der mikroskopischen Untersuchung immer noch eine, aber eine höchst mangelhafte Struktur aufwiesen, in der man gerade noch Zellmembranzeichnungen vermuten, Spaltöffnungsaschenreste oder gar Membranhöcker überhaupt nicht mehr erkennen konnte.

Das Keimlingsgut des Fe-SiO_2-Versuches wurde nun langsam durch Entfernen der Deckaquarien, Bedecken mit Glasplatten, Heben, Zurseiteschieben und schließliches Entfernen derselben, an immer größere Trockenheit gewöhnt. Die schließlich auftretende Mattheit der Versuchspflanzen veranlaßte mich aber, am 30. August (siehe p. 233), die am 29. August an und zwischen Wurstspreilern aufgebundenen Pflanzen unter zur Hälfte mit feuchtem Filtrierpapier ausgekleidete Glasglocken von 32 *l* Fassungsraum zu geben, die sich mit ihrem Wasserabschluß auch beim p. 206 geschilderten Versuche bewährt hatten.

Die Erholung der Sumpfpflanzen zeigte sich denn auch schon am 1. September 1925. Damit brauchte auch das in der »Transpirationsperiode« des Experiments so dringend notwendige Nachgießen von Flüssigkeit zur Nährlösung nicht mehr so reichlich und so oft zu erfolgen wie beim Offenstehen des Versuchs. Das Protokoll erwähnt noch in der ersten Periode der Kultur im dunstgesättigten

---

[1] Das zarte Grün der ersten Tage habe ich mir durch Speicherung von Fe-Spuren aus den durch die Behandlung mit konzentrierter H_2SO_4 aufgeschlossenen Zellen und seitens der entschälten Früchtchen aus dem zum Auswaschen dieser benutzten Leitungswasser, eventuell aus der Eisenpinzette zu erklären versucht, deren Verwendung bisher den Ergebnissen keinen Eintrag getan hatte.

Auch wurde die kapillar abgesaugte Nährlösung durch die jeweilig jedem Gefäße entsprechende in Vorrat gehaltene Nährlösung und nicht wie in Versuch III [p. 5] durch destilliertes Wasser ersetzt, womit eine weitere Verdünnung der Nährflüssigkeiten und damit Hand in Hand gehend, eine weitere Verminderung des Fe-Gehaltes verbunden gewesen sein konnte.

© Verlag Akademie der Wissenschaften in Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Raume einen durch die Saugung des Kapillarsystems: Wurzelsystem-Organtin notwendig gewordenen Ersatz von Nährflüssigkeit am 17. August durch destilliertes Wasser (siehe p. 230), dann am 19. und 22. August durch die Vorratslösungen I, II, III, IV und V (siehe p. 227) und ab 25. August durch eine Nährlösung mit $0 \cdot 2^0/_{00}$ $FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O$ für alle Kulturgefäße der SiO_2-freien und der gleichen Nährlösung mit $0 \cdot 2^0/_{00}$ $CaSi_2O_5$-Zusatz für die SiO_2-haltige Versuchskolonne (siehe p. 232).

Nachdem nämlich der Versuch neuerlich einwandfrei das große Fe-Bedürfnis von *Oryza sativa* erwiesen hatte, entschloß ich mich, ihn nunmehr nur als Versuch über die Bedeutung des SiO_2 gelten zu lassen und durch Zutat einer $0 \cdot 2^0/_{00}$ Mohrsalznährlösung alle zehn Gefäße der SiO_2-freien Kolonne möglichst gleichwertig zu machen, dabei die Ausheilung der Chlorose durch diesen Fe-Zusatz zu kontrollieren und ebenso die $CaSi_2O_5$-Gefäße durch die gleiche, beziehungsweise durch eine solche mit $0 \cdot 2^0/_{00}$ $CaSi_2O_5$ kieselsäurereich gemachten Nährlösung zu ergänzen.

Das Resultat dieser Behandlung war ein schwaches bis sattes baldiges Ergrünen der früher Fe-frei (I und II), ein intensives sofortiges Ergrünen der früher Fe-arm (III) gehaltenen Pflänzchen, und zwar erfolgte die Verfärbung ins Grüne rascher in den $CaSi_2O_5$-Gefäßen, als in denen ohne SiO_2, womit eine von mir (*4*, 1922, p. 204) und Molisch (*4*, 1924/25, p. 149) festgestellte Beziehung zwischen Fe und SiO_2 eine neuerliche Bestätigung erfuhr.

Der Fe-Nachweis an den SiO_2-Skeletten der Blätter, auch der den eisenreichsten Nährlösungen entnommenen Pflanzen, gelang allerdings nicht, und zwar weder bei den Keimlingen des p. 206 beschriebenen, noch bei denen des eben besprochenen Versuches.

Dagegen gaben die Wurzeln, und zwar sowohl Haupt- wie die vielfach abnorm reichlich auftretenden Nebenwurzeln (siehe p. 226 und 239), und zwar auch die völlig weiß erscheinenden Würzelchen ohne jede weitere Vorbehandlung mit $2^0/_0$ Lösung von Ferrozyankalium und $5^0/_0$ Salzsäure sofort in ungewöhnlich satter Farbe die Eisenprobe.

Es muß daraus meiner Ansicht nach gefolgert werden, daß die von Molisch (*4*, 1924/5, p. 156) erwähnte Niederschlagung von Eisen an der Wurzeloberfläche in Form einer vielleicht kolloidalen Einlagerung in den Wurzelhautzellen selbst dieser relativ jungen Keimlinge bereits eingesetzt hatte.

Endlich sei erwähnt, daß in Übereinstimmung mit Molisch (*1*, 1892, p. 87) auch in den den Fe-reichsten Lösungen entnommenen Reispflanzen im Chlorophyllkorn Eisen nie nachgewiesen werden konnte (vgl. auch O. Richter, *3*, 1922, p. 5).

Eigens hervorgehoben zu werden verdient endlich noch der Umstand, daß die Versuchspflanzen trotz der Beraubung von der in den Fruchthäuten befindlichen Reservekieselsäure und trotz der stärkeren Angreifbarkeit durch

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Schimmelpilze zu der im Protokolle angegebenen Länge heranwuchsen. Hierbei wurden die in den Früchtchen befindlichen organischen Reservestoffe bis zum vollständigen Schwund verbraucht. Auch makroskopisch erschienen die Früchtchen völlig aufgezehrt.

Hiernach ist in der p. 209 geschilderten H_2SO_4-Methode in Verbindung mit der Paraffinierung der Gefäße in der Tat eine biologische Technik gegeben, die es gestattet, der Frage nach der Notwendigkeit der SiO_2 für Gräser mit allen denkbaren Vorsichtsmaßnahmen nachzugehen.

Da das einsetzende trübe und kühle Wetter neue Versuche mit Reis im Jahre 1925 nicht mehr vorteilhaft und aussichtsreich erscheinen ließ, wollte ich hiermit die Art des Vorganges, nach dem ich in den Jahren 1926 und 1927 die Versuche über das SiO_2-Bedürfnis bei Reis u. a. Gramineen wieder aufzunehmen gedenke, mitgeteilt haben und nun nur noch ganz kurz die auf beide in dieser kleinen Publikation behandelten Fragenkomplexe bezügliche Literatur besprechen:

Molisch (*1*, 1892, p. 92) schildert z. B. seine grundlegenden in allen Lehrbüchern der Pflanzenphysiologie zitierten Versuche über Chlorose wie folgt:

1. »*Cucurbita Pepo*. Die Kotylen waren normalgrün, aber schon das erste Primordialblatt war hellgelbgrün, ebenso das zweite, die Pflanzen stellten sodann[1] ihr Wachstum ein.« Das heißt also: sie wuchsen bis zur Ausbildung des zweiten Blattes in normalem Tempo weiter.

2. *Vicia sativa* bringt es nach Molisch (p. 92) sogar zu vier bis sechs tiefgrünen Blättern und der Haupttrieb, der erst jetzt sein Längenwachstum einstellt, hat noch Wachstumsenergie genug, »chloritische Seitentriebe mit weißgelben Blättern« zu entwickeln. Ähnlich vermag

3. *Pisum sativum* nach der Ausbildung der ersten drei bis vier grünen und einem fünften hellgelbgrünen Blatte noch »fast schneeweiße« Ranken zur Entwicklung zu bringen.

4. *Helianthus annuus* bringt es nach Ausbildung normal grüner Kotylen zu drei Blattpaaren in eisenfreier Nährlösung, von denen das erste gewöhnlich hellgelbgrün, die beiden nächsten gelb oder weißlichgelb sind. Erst dann stellen die Keimpflanzen das Wachstum ein, »die Blätter vertrocknen stellenweise und sterben schließlich ganz ab«

5. Wann »*Brassica oleracea* (Rotkraut)« in eisenfreier Nährlösung zu wachsen aufhört, erwähnt Molisch nicht ausdrücklich. »Die Kotylen werden« nach Molisch (p. 92) »tiefgrün.« »Schon das folgende Blatt ist rötlichweiß mit roten Adern. Das zweite Blatt ebenso.« Jedenfalls kommt es also selbst bei diesen kleinen Pflänzchen zur Ausbildung zweier Blättchen.

6. »*Phaseolus multiflorus*«-Keimlinge entwickeln »in eisenfreien Lösungen« »gewöhnlich fünf Blätter von bleichgrüner Farbe«.[2] Erst »dadurch, daß Molisch (p. 92) »frühzeitig den Keimlingen ihre Kotylen und damit den größten Teil ihres Eisenvorrates nahm, erhielt« er »viel kleinere Pflanzen« »mit weißen Blättern«.

7. Bei *Zea Mais*, dem gewöhnlich für Chloroseversuche benutzten und auch von Molisch (*1*, p. 93) in dieser Richtung geprüften Grase, sah Molisch »die ersten zwei oder drei[1] Blätter, wie dies bereis Sachs angibt, normal grün, die folgenden gelblichweiß oder weiß« werden. Von einem baldigen Wachstumsstillstand wird nichts erwähnt. Und von den Vorlesungsversuchen her weiß ich, daß die chlorotischen und die Kontrollpflanzen von Mais keine Wachstumsunterschiede

[1] Von mir gesperrt.

[2] Auch Sachs (Experimentalphysiologie, p. 144) erhielt bei »unverletzten« *Phaseolus* niemals weiße Blätter, sonder ur äußerst hellgrüne und durchscheinende. Zitiert nach Molisch (*1*, p. 92).

© Verlag Akademie www.biologiezentrum.at

aufwiesen. Zusammenfassend erklärt, daher Molisch in seiner Pflanzenphysiologie (3, 1918, p. 8), »Keimlinge verschiedener Pflanzen (*Pisum sativum, Brassica oleracea, Zea Mais, Cucurbita Pepo, Vicia sativa* usw.) bilden, auch wenn sie in eisenfreier Lösung stehen, gewöhnlich die ersten Blätter grün aus, und zwar mit Hilfe des Eisens, das als Reserveeisen im Samen steckt. Erst wenn dieses aufgebraucht ist, werden die nun folgenden Blätter chlorotisch«. Auch Jost betont (1908, p. 96) unter Hinweis auf Molisch's Versuche des Jahres 1892 nach Erklärung der Chlorose: »Die Chlorose pflegt« allmählich einzutreten. »Die ersten Blätter von Keimpflanzen sind immer grün,[1] weil ihnen aus den Reservestoffen noch genug Eisen[1] zufließt. Dementsprechend eignen sich Pflanzen mit großen Kotyledonen, z. B. *Phaseolus* überhaupt schlecht zu solchen Versuchen, weil da der Eisenvorrat eventuell für die ganze Pflanze ausreicht.« »Gute Resultate hat man mit Mais, Buchweizen, Erbse und Sonnenblume erzielt. In eisenfreier Nährlösung gezogene Erbsenkeimlinge entwickeln nach Molisch (1892) zunächst etwa drei bis vier grüne, dann ein gelblichgrünes Blatt, die darauf entstehenden[1] Blätter sind samt den Ranken schneeweiß.«

Pfeffer sagt (1897, p. 406) von der Wirkung des Weglassens von Fe: »Sofern auch nur einer der unentbehrlichen Stoffe mangelt, ist eine Entwicklung unmöglich, sowie auch die Uhr stille steht, wenn nur eines der zum Betriebe notwendigen Rädchen fehlt. Natürlich gilt dies ebenso vom Fe, von welchem die Pflanze nur eine sehr geringe Menge bedarf?«[1] »Mit steigender Zugabe des fehlenden Stoffes werden Wachstum und Produktion, doch nicht gerade in einem proportionalen Verhältnis gesteigert.« Nach Erreichung des Optimums muß indes eine weitere Zugabe endlich eine Depression in der Entwicklung verursachen. Dieses wird »durch ein Eisensalz infolge der giftigen Wirkung schon durch eine verdünnte Lösung bewirkt« (p. 409). Aus der »mit der Giftwirkung zusammenhängenden Wirkung und der Bedeutung als Nährstoff, muß demgemäß der Erfolg »resultieren«, »welchen die Zugabe eines Eisensalzes hervorruft« (p. 410). Ein Quantum der unentbehrlichen Elemente ist stets in den Samen und Sporen enthalten. Mit Hilfe dieser bringt es eine Bohne bei Darbietung von reinem Wasser zuweilen bis zum Blühen und vermag das zwei- bis vierfache des Trockengewichts des ausgesäeten Samens zu erreichen.« »Auch ist bei Kultur in eisenfreier Nährlösung schon zu verfolgen, daß die Chlorophyllbildung im Mais, in Buchweizen usw. erst ausklingt, nachdem die zwei bis drei ersten Blätter auf Kosten des Eisenvorrats im Samen ergrünt sind«.

»Da zudem im Hungerzustande Fe« — »analog wie es für N geschildert wurde, den älteren und absterbenden Organen entrissen und von den jüngeren und fortwachsenden Teilen ausgenützt werden kann, so kommt das Wachstum nicht sobald zum Stillstand.[1] Ja es würde sogar eine dauernde Fortbildung möglich sein,[1] wenn, was eben nicht zutrifft, ein bestimmtes Element nur während der Ausbildung der Organe zu funktionieren hätte und dann so völlig disponibel würde, daß die genannte Menge immer wieder zu anderen Teilen überwandert«. Dieses Verhalten (vgl. auch Pfeffer, p. 413) kommt in gleicher Weise in der Darstellung der Buchweizenkultur der Fig. 61*c* (p. 412) zum Ausdruck, ebenso wie in Erreras bekannten pflanzenphysiologischen Wandtafeln.

Die maßgebendsten Vertreter der Pflanzenphysiologie sind sonach der Ansicht, daß bei den bisherigen Versuchen und bei den bisher in Anwendung gebrachten Versuchspflanzen die Wirkung des Mangels von Eisen in der Nährlösung erst in späteren Entwicklungsstadien der Keimpflanzen zutage tritt.

Der Reis unterscheidet sich sonach von den bisher üblichen Experimentalpflanzen durch eine sofortige Hemmung des Längenwachstums bei Eisenmangel, ja sogar bei bloßer Eisenarmut der Nährlösung und scheint sonach

[1] Von mir gesperrt.

 © Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

kaum nennenswerte Reservemengen von Eisen[1] zu bergen oder, wenn sie genügend groß wären, in einer Form zu enthalten, daß sie nicht sofort für das Streckungswachstum zur Disposition stehen.

Außerdem scheint innerhalb gewisser Grenzen eine direkte Proportionalität zwischen Zunahme des Wachstums und Steigerung der Fe-Zugabe zu bestehen. Hierbei wirkt eine geringe Zutat von $(NH_4)_2SO_4$ fördernd auf das Längenwachstum. Nach dieser Feststellung des ganz besonderen auf eine »Ferrophilie« deutenden Verhaltens von Reiskeimlingen in eisenfreien, beziehungsweise eisenarmen Nährlösungen erscheint es wohl notwendig, ausdrücklich zu betonen, daß diese Ferrophilie der Reispflanze grundverschieden ist von den Stimulationseffekten, die M. Popoff gerade bei Reis durch Eisensalze erzielen konnte (1924, p. 6). »Der Reis hat« nach Popoff »die angenehme Eigenschaft, sehr empfindlich auf äußere Einwirkungen zu reagieren, verhältnismäßig rasch zu wachsen und schnell und sicher die in dem Wachstum entstandenen Unterschiede zu zeigen.« Dabei »kultivierte« Popoff (p. 7) den Reis im Laboratorium unter Wasser in Wassergläsern von 350 cm^3 Inhalt im Thermostaten bei einer Temperatur von 24 bis 28° C. In jedes Glas wurden je 50 Körner getan. Das Kulturwasser wurde jeden zweiten Tag mit auf 25° C. vorgewärmtem Wasser gewechselt. Nach der Behandlung mit der chemischen Lösung, welche gewöhnlich 24^h, 48^h, 72^h bis 96^h dauerte, wurden jedesmal die Samen in reines Wasses getan und weiter kultiviert. bis zu zwei Monaten.«

In seiner »neuen Versuchsserie, seit dem Sommer 1922«, trachtete Popoff (p. 8) »die Wirkungsweise« der von ihm seit längerer Zeit als Stimulationsmittel propagierten »Mg- und Mn-Salze auf die Samenentwicklung dadurch zu erhöhen, daß« er »zu den Mg- und Mn-Salzen Kalium- und Eisen-,[2] Quecksilber-, Arsen-, Kupfer- und Phosphorsalze in verschiedener Konzentration zusetzte«, das Fe z. B. als »Fe_2Cl (wohl Fe_2Cl_3) und $FeSO_4$«.

---

[1] Semler's Analyse erwähnt 0·45% Eisenoxyd (= 0·314% Fe) in den Körnern und 0·54% Fe_2O_3 (= 0·376% Fe) in den Schalen des Reises, also immerhin Mengen, wie sie auch nach Wolff (1871) in den Samen der Futterrunkelrübe (0·46% Fe_2O_3), in denen von Rübsen (0·48% Fe_2O_3), in denen der gelben Lupine (0·61% Fe_2O_3) und nach Lepeschkin (1925, p. 80) in den Früchtchen vom Weizen (0·5% Fe_2O_3) vorkommen, die aber in der Tat gegenüber dem Fe_2O_3-Gehalt in der Asche der Samen der Cichorie (= 0·87%), der Möhre (= 0·99%), der Tanne (= 1·31%), der Wallnuß (= 1·32%), von *Brassica* (= 1·97%), der Buche (= 2·66%), der Kiefer (3·01%) oder gar der Krappflanze (= 3·74%) auffallend gering erscheinen. Für den Vergleich wichtig ist dabei die Feststellung E. v. Wolffs (zitiert nach Fr. Schindler [1920, p. 75]), daß die Körner des Roggens 1·6% »Eisen« (vermutlich Fe_2O_3) enthalten, woraus sich, da »der Gehalt an Reinasche in 1000 Gewichtsteilen der Trockensubstanz bei den Körnern 20·9%« und da nach Clausen (zitiert nach Fr. Schindler, p. 126) das Tausendkorngewicht 28·4 *g* beträgt, die Fe_2O_3-Menge der Roggenkornasche mit 0·0095 µ*g* Fe_2O_3 (100 *g* Trockengewicht = 2·09 Reinasche = 0·03344 *g* Fe_2O_3) berechnen läßt, also eine auch bei dem relativ Fe-reichen Roggen verschwindend kleine Menge von Fe_2O_3.

[2] Von mir gesperrt. Dabei waren die Lösungen, wenn man nach Zeile 22 (p. 8) schließen darf, 10 bis 20‰, d. 1 bis 2% (!!), also rund 200mal so eisenreich als die meinen.

© Verlag Akademie der Wissenschaften in Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Popoffs Methode und Absicht war also grundverschieden von der meinen.[1]

»Es zeigte sich (p. 9), daß es« auf diese Art »möglich ist, die stimulierende Wirkung der Mg- und Mn-Salze, hauptsächlich auf Reissamen um ein beträchtliches zu erhöhen«. »Mit einigen dieser Lösungen« erhielt Popoff »vielfach zweimal kräftiger entwickelte Reispflanzen mit dicken Stengeln mit stark ausgebildetem (mehr als zweimal stärkerem) Wurzelsystem«. (Welche Lösungen dies waren, ob es gerade die Kombinationen mit den Eisensalzen gewesen sind, wird nicht eigens hervorgehoben.) Dagegen heißt es p. 9 weiter: $FeSO_4$« hat »in Mischungen angewandt«, eine »bessere Wirkung auf die Stimulation der Samen als das Fe_2Cl_3«, weshalb Popoff (p. 9) »bei den Anpflanzungen auf dem Felde die Kombinationen mit KNO_3 und Fe_2Cl_3« ausschaltete.

»Die angewandten Lösungen von Mg, Mn, K, Na, Fe, Hg, As, Ph, Cu haben« nach Popoff (p. 10) eine ausgesprochene Affinität zum Sauerstoff, folglich müssen sie desoxydierend auf die lebende Substanz wirken und dadurch als Nachwirkung die Oxydationsprozesse auslösen oder verstärken. Verlängert man die Wirkungsweise der angewandten Lösungen, so kommt die wachstumshemmende Phase zum Vorschein, um bei noch länger dauernder Einwirkung die Keimkraft der Samen abzutöten.«

Daß diese Deutung wenigstens bezüglich der Fe-Versuche einer Korrektur bedarf, liegt auf der Hand. Denn es war Popoff noch nicht bekannt, daß die Reispflanze ein besonderes Eisenbedürfnis hat und ihr, wenn auch nur in 48^h überreichlich gebotenes und dann nicht restlos ausgewaschenes Eisen, gierig in sich aufzunehmen und sich so mit Eisen zu sättigen und dann flott auszutreiben vermag.

Schließlich dürfte es nach diesem Zitate Popoffs interessieren, zu vergleichen, inwiefern die diversen Autoren der bekannten Gefährlichkeit größerer Eisenmengen für Keimlinge bei der Zusammensetzung der von ihnen angewandten Nährlösungen Rechnung getragen haben.

Knop empfiehlt (1860, 68 84) nach dem Zitate von Wiesner 0·02‰ Ferriphosphat $Fe_2(PO_4)_2 = 0{\cdot}007^0/_{00}$ Fe. Nach Jost (p. 92) gibt Knop ebenso wie Sachs (1860) oder Noll (1898) zu der nach ihm benannten Nährlösung eine »Spur« Eisenchlorid.

Molisch betont ganz besonders die Gefahr von höheren Eisengaben und unterstreicht stets die Notwendigkeit der Zugabe von »Spuren« derselben (z. B. von $FeSO_4$ oder Fe_2Cl_3) (siehe Molisch, H. 1, 1892, p. 91).

Pfeffer gibt (1897, p. 413) drei bis sechs Tropfen Eisenchloridlösung auf 7 *l*, respektive rund einhalb bis einen Tropfen auf 1 *l* Nährlösung.

Die höchsten Eisenzugaben pro Liter Nährlösung finden wir in der von Birner und Lucanus (1866) empfohlenen Lösung, die nach Jost (1908, p. 92) 1 (!) *g* $Fe_2(PO_4)_2$ oder $0{\cdot}37^0/_{00}$ Fe enthält, das allerdings nicht sofort zur Auswirkung kommen kann, da das Ferriphosphat nach V. v. Richter (1907, p. 481) einen »weißen Niederschlag« darstellt, »der in Wasser und Essigsäure unlöslich ist; und in der

[1] Vgl. p. 207.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Nährlösung von der Crones (1904), die nach Jost (p. 93) einen Zusatz von 0·25 *g* $Fe_3(PO_4)_2+8\,H_2O$ (= 0·0834% Fe) birgt, eine Menge, die also der von mir angewandten in den 0·4% Mohrsalzlösungen von 0·057% Fe etwa entsprach (Differenz 0·0264%).

Und noch einiges aus der Literatur zur Kieselsäurefrage der Gräser:

P. 409 äußert sich Pfeffer über die mögliche Wirkung der SiO_2 auf höhere Pflanzen, wie folgt: »Außerdem ist nicht zu vergessen, daß schon die nicht normale Befriedigung einer nebensächlichen und nicht zu dem eigentlichen vitalen Betriebe gehörigen Funktion eine Hemmung der Gesamttätigkeit herbeiführen kann. Vielleicht wird auf solche Weise in höheren Pflanzen die Unentbehrlichkeit des Ca erzielt und es ist nicht unmöglich, daß durch eine solche Verkettung das Si für irgendeine Pflanze notwendig ist.« Überdies bietet im Kampfe ums Dasein Si einen Vorteil, da mit der Einlagerung von Kieselsäure in die Membranen eine Pflanze in etwas geringerem Grade dem Tierfraß ausgesetzt ist und wohl auch nicht ganz so leicht das Eindringen von parasitären Pilzen gestattet« und p. 410 heißt es: »Übrigens ist auch bis dahin noch keinmal eine Blütenpflanze absolut frei von Na oder Si erzogen worden und dieses Ziel wird jedenfalls nur in einer Kulturflüssigkeit zu erreichen sein, die nicht mit Glas in Berührung steht«[1] (vgl. hierzu p. 208).

Molisch sagt in 3., 1918, p. 13: »Von Richter[2] wurde der Nachweis geliefert, daß für die untersuchten Kieselalgen die Kieselsäure und ebenso auch das Natrium unentbehrlich ist; ob dies auch für Equiseten und Gramineen zutrifft, sollte von neuem untersucht werden.«[1] »Die Kieselsäure bedingt eine gewisse Starrheit der Membran und macht die Organe der Pflanze gegen das Eindringen von Pilzen und Angriffe der Tiere widerstandsfähiger. Die Meinung aber, daß die Kieselsäure die Festigkeit der Pflanze überhaupt bedingt und daß das Lagern des Getreides auf Kieselsäuremangel beruhe, ist als unrichtig erwiesen.«

Nach Jost (1908, p. 98) liegt die Frage nahe, »ob nicht auch das Si, das Al, das Mn für gewisse Pflanzen notwendig[1] sind. Das Si findet sich als Kieselsäure, besonders bei den Diatomeen, den Gräsern und Schachtelhalmen in großer Menge«. »Salm-Horstmar hielt die Kieselsäure noch für einen notwendigen Stoff, Sachs (1862) aber zeigte, daß sie beim Mais in Wasserkultur fast ganz ausgeschlossen[1] werden kann, ohne daß die Pflanze darunter leidet. Ganz streng ist der Beweis freilich noch nicht, denn die Asche der ‚Si-frei' erzogenen Maispflanze enthält noch immer 0·7% Kieselsäure (anstatt 18 bis 23%), die sie wohl aus dem Glase aufgenommen hat.[1] Auch Jodin (1883), der vier Generationen von Mais hintereinander in kieselsäurefreier Lösung erzog, ist es nicht gelungen,[1] das Si vollkommen auszuschließen; hatte er doch in der zweiten Generation noch mehr SiO_2 als SO_3. Und auf der anderen Seite fehlte es auch nicht an« Beobachtern, »die entschieden einen günstigen Einfluß der Kieselsäure konstatieren, so z. B. Swiecicki (1900). So können wir zur Zeit wohl sagen, daß die großen Massen von SiO_2 bei den Gramineen gewiß entbehrlich sind, wir wissen aber nicht, ob ein gänzliches Fehlen derselben von ihnen ertragen wird. Diese Frage verdient um so mehr eine kritische Bearbeitung, als wir O. Richter (1906) den Nachweis verdanken,[3] daß die Diatomeen wirklich ohne SiO_2 nicht gedeihen.«

In der eben genannten Arbeit habe ich in Zitaten das Für und Wider, das sich über die Notwendigkeit, beziehungsweise Entbehrlichkeit des SiO_2 in der Literatur vorfand, zusammengetragen,

---

[1] Von mir gesperrt.

[2] Nach Lepeschkin »kann« (1925 [!], p. 85) noch die Kieselsäure »jedoch« »wohl« »für Diatomeen notwendig sein.«

[3] Vgl. die Fußnote 1, p. 219.

© Verlag Akademie der Wissenschaften in Wien; download unter www.biologiezentrum.at

wobei auch aus der damaligen Literaturzusammenstellung hervorging, was wir einer analogen Zitatensammlung der bedeutendsten Lehrbücher der Pflanzenphysiologie entnahmen, daß man — abgesehen von der jüngst aufgeklärten Rolle der Kieselsäure für die Diatomeen — über den ernährungsphysiologischen Wert des SiO_2 noch gar nichts weiß,[1] womit gleichzeitig dargetan ist, daß jeder Beitrag zur Klärung dieses methodisch nicht leicht zu beherrschenden Problems ein gewisses Anrecht auf Veröffentlichung besitzt.

Und so mögen diese die SiO_2-Frage tangierenden Versuche über das Fe-Bedürfnis des Reises aufgefaßt und als Auftakt gewertet werden für eine große Reihe weiterer einschlägiger Experimente mit anderen Gramineen, mit Schachtelhalmen, Lithospermum u. a. SiO_2-haltigen Pflanzen.

Zusammenfassung.

Die vorliegende Arbeit bringt

1. den Nachweis für ein ungewöhnlich starkes Bedürfnis der Reispflanze (*Oryza sativa*) für Eisengaben in der Nährlösung, das mit Molisch's Feststellung von dem großen Eisenreichtum der Reisfelder Japans, die deshalb nach Molisch die besten Fundorte für Eisenbakterien u. a. Eisenorganismen sind, in vollkommenem Einklange steht.

2. Dieses große Eisenbedürfnis der Reispflanze verrät sich

a) durch eine sofort katastrophal einsetzende Chlorose, der noch nicht oder eben erst die ersten Blättchen ausbildenden, in eisenfreien oder in Spuren von Eisen enthaltenden Nährlösungen gezogenen Keimlinge;

b) durch eine ebenso katastrophal einsetzende Hemmung des Längenwachstums der in eisenfreien oder in Spuren von Eisen enthaltenden Nährlösungen gezogenen Keimlinge.

3. Diese Chlorose kann, wenn sie nicht zu vorgeschritten ist, durch Zusatz von Eisensalz behoben werden (vgl. p. 233). Hierbei erwies sich wie in allen Kontrollnährlösungen das Mohr'sche Salz: $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6\,H_2O$ als ganz vorzügliche Eisenquelle in 0·2 und 0·4‰ (!), was 0·0285, beziehungsweise 0·057‰ Fe entspricht.

Bei diesen Versuchen wurde

4. die Frage der Notwendigkeit des SiO_2 verfolgt und hierbei eine neue Methode beschrieben, höhere Pflanzen kieselsäurefrei zu ziehen.

---

[1] Noll allerdings erklärt, p. 142/43, gewisse Elemente, wie z. B. das Silizium, »wenn sie auch« in großer Menge in der Pflanze vorkommen, »von untergeordneter Bedeutung für das Leben«. Nach Lepeschkin (1925, p. 85) »erwiesen sich« in den Versuchen von Sachs und Knop »Kieselsäureverbindungen als überflüssig«, auch »wäre« nach Lepeschkin (p. 85) »kaum anzunehmen, daß« die Kieselsäure »an chemischen Reaktionen, die sich im Protoplasma abspielen, beteiligt ist«, da sie »nur kolloidale Lösungen in Wasser« »bildet«. Übrigens »gelänge es nicht« »mit Hilfe der Wasserkultur, die Pflanzen vollkommen von SiO_2 zu befreien, weil das Wasser sie aus den Wänden der Glasgefäße auslaugt«.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Diese Methodik ist kombiniert

a) aus einer entsprechenden Anpassung der Molisch'schen für Algenkultur angegebenen Paraffinierungstechnik für die Kultur von Keimlingen, deren Wurzeln durch die Paraffinauskleidung der Kulturgläser von jeder Berührung mit dem Glase verhindert wurden,

b) einer Vorbehandlung der trockenen Früchtchen mit konzentrierter Schwefelsäure mit nachherigem Entfernen der Fruchthäutchen, die es ermöglicht, auch die in den Fruchthäuten vorhandene Reservekieselsäure als Fehlerquelle auszuschalten.

Mit dieser Technik konnte gezeigt werden, daß Reispflänzchen bis zur Länge von 56 *cm* ohne SiO_2-Zusatz erzielbar sind. Ob die Kieselsäure für Reis und andere Gramineen notwendig ist, soll mit dieser Technik in den Frühjahren 1926 und 1927 bei günstigeren Beleuchtungsverhältnissen untersucht werden (vgl. p. 233 letzter Satz).

Eine Literaturzusammenstellung zeigt in diesem Zusammenhange, daß über die ernährungsphysiologische Bedeutung des SiO_2 für höhere Pflanzen noch nichts bekannt ist. Durch Zitate aus den bekanntesten Lehrbüchern wird auch das vom Reis so verschiedene Verhalten der von anderer Seite benutzten Versuchspflanzen gegen Fe-Mangel in der Nährlösung dargetan.

Außerdem wurden

5. Versuche über den Einfluß des Weglassens des Mg aus der Nährlösung auf die Entwicklung von Reiskeimlingen durchgeführt, die zeigten, daß für die Erreichung einer Länge von 56 *cm* das in den Früchtchen vorhandene Reserve-Mg zweifellos ausreicht.

Versuchsprotokolle und Literaturübersicht.

Protokoll I: Eisenversuch vom 24. Juli bis 4. August 1925.

Vgl. hierzu Photographie Fig. 1 und 2 der Taf. I und p. 207.

Der Versuch wurde das erstemal am 30. Juli (Fig. 1), das zweitemal am 4. August photographiert (Fig. 2).

Vorbereitung: Die Reisfrüchtchen wurden am 21. Juli in destilliertes Wasser zum Quellen gegeben, am 22. Juli auf mit destilliertem Wasser angefeuchtetes Filtrierpapier zum Keimen ausgelegt. Am 23. Juli waren 3 bis 4 *mm* lange Würzelchen zu sehen und damit kamen die Keimlinge, nachdem die Würzelchen eine Länge von etwa 1 *cm*, die Kotyledonen die von etwa 2 bis 3 *mm* erreicht hatten, am 24. Juli (Freitag) aufs Netz.

Je drei Glasgefäße von rund 320 cm^3 wurden jeweils mit der gleichen Nährlösung beschickt, nachdem sie mit konzentrierter H_2SO_4 und viel destilliertem Wasser gründlich gereinigt worden waren und das abfließende destillierte H_2O blaues Lackmuspapier nicht mehr rötete. Netz und Zwirn waren mit verdünnter reinster HCl und viel destilliertem Wasser ausgekocht, beziehungsweise entsäuert worden.

Zur Verwendung gelangten $4 \times 3 = 12$ Glasgefäße; jedes erhielt 9 Keimlinge. Danach bestand der Versuch aus drei sich gegenseitig kontrollierenden Teilversuchen mit jeweils 27 völlig gleichartig behandelten Keimlingen, in einer Gruppe, die, ein gleichartiges Verhalten vorausgesetzt, jede Täuschung durch individuelle Variation ausschlossen.

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wienl; download unter www.biologiezentrum.at

Versuchsverlauf.

Tag der Beob.	I. Stl. $+ 0{\cdot}2^0/_{00}$ Mohr	II. Stl. $+ 0{\cdot}02^0/_{00}$ Mohr	III. Stl. $+ 0{\cdot}07^0/_{00}$ $(NH_4)_2SO_4$	IV. Stammlösung
27. Juli 10^h	Fast durchwegs 2 *cm* lang 1 Keimling 1 *cm*. 2 geschälte[1] Früchtchen hatten Kotyledonen von $1^1/_2$ *cm* Länge. Farbe: sattgr" Guttation: durchaus sehr schön, auf 2 entschälten Früchtchen Schimmelpilze, diese weggegeben, neuerlich dest. H_2O zugesetzt.	8 Keimlinge zurückgeblieben, andere bis 2 *cm* Länge. Farbe: durchaus sattgrün. Guttation: durchaus sehr schön, dest. Wasser zugesetzt.	Hauptmenge 1 *cm* lang, jedoch einige bis 2 *cm*. Farbe: etwas blässer als I und II. Guttation: durchaus sehr schön, dest. Wasser zugesetzt.	Hauptmenge der Keimlinge 1 *cm* lang. 6 Keimlinge liegen mit $^1/_2$ *cm* Länge auf dem Netze. 1 Keimling eingetrocknet. Das tote Korn entfernt. Farbe: blässer als I und II. Guttation: durchaus schön. Neues dest. Wasser zugesetzt.
28. Juli 10^h	Der Höhenunterschied zwischen I einer- und II, III, IV anderseits ins Auge springend			
	Durchschnittslänge: DL = 6 *cm*. Farbe: tief dunkelgrün, 2 entschälte Pflänzchen sind gesund, haben aber bloß $2^1/_2$ *cm* lange Blätter,	DL = 3 *cm*. Farbe: noch dunkelgrün.	DL = 3 *cm*. Farbe: Kotyledonen schon blaß, Blättchen noch blässer.	DL = 3 *cm*. Farbe: Kotyledon scho blaß, Blättchen noch blässer.

[1] Probeweise waren auf ein Netz auch 5 entschälte Früchtchen gegeben worden, die derart gewonnen waren, daß die Früchtchen nach 24- bis 48-stündigem Quellen in dest. H_2O mit dem Messer und den Fingernägeln entschält worden waren. Dabei wurden die Endosperme vielfach stark beschädigt. Die Keimung trat übrigens zu gleicher Zeit ein wie bei den nicht entschälten Früchtchen [vgl. p. 7].

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wienl; download unter www.biologiezentrum.at

Tag der Beob.	I. Stl. + 0·2‰ Mohr	II. Stl. + 0·02‰ Mohr	III. Stl. + 0·07‰ $(NH_4)_2SO_4$	IV. Stammlösung
28. Juli 10h (Fortsetzung)	Der Höhenunterschied zwischen I einer- und II, III, IV anderseits ins Auge springend			
	gegen 6 *cm* Länge der Blättchen der nicht entschälten Pflanzen. 1 nicht geschälte Pflanze trocknet ein. Wurzeln sehr lang. Guttation: durchaus schön, dest. Wasser zugesetzt.	Wurzeln: kurz. Guttation: durchaus schön, dest. Wasser zugesetzt.	Wurzeln: kurz. Guttation: durchaus schön, dest. Wasser zugesetzt.	Wurzeln: kurz. Guttation: durchaus schön, dest. Wasser zugesetzt.
29. Juli $6^1/_4{}^h$	Die 6 bis 8 *cm* lange Blättchen rollen sich schon auf. Wurzeln sehr lang. Farbe: sattest grün, schöne Guttation dest. Wasser zugesetzt.	Höchstens 4 *cm* lange Blättchen, Wurzeln kurz. Farbe: die eingerollten grünlich, blässer als I. chlorotisch, schöne Guttation. dest. Wasser zugesetzt.	Höchstens $2^1/_2$ bis 3 *cm* lang. Wurzeln: kurz. Farbe: blaßgrünlichgelb chlorotisch. Schöne Guttation, dest. Wasser zugesetzt.	Höchstens $2^1/_2$ *cm*. Wurzeln: kurz. Farbe: blaßgrünlichgelb, chlorotisch. Schöne Guttation, dest. Wasser zugesetzt.
30. Juli	Wegen der höchst markanten Unterschiede das erstemal photographiert			
31. Juli	Wie am 30. Juli, bei allen Keimlingen starke Guttation			
1. August	DL = 17 *cm*, sattest grün, schöne Guttation.	DL = 9 *cm*, schwach chlorotisch, schöne Guttation.	DL = $4^1/_2$ *cm*, deutliche Chlorose, schöne Guttation.	DL = 3·7 *cm*, deutliche Chlorose, schöne Guttation.

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wienl; download unter www.biologiezentrum.at

2. bis 3. August	Unterschiede weiter verstärkt															
4. August	**Das zweite Mal photographiert: Versuchschluß**															
	Alle Blätter lebhaft grü				Alle Blätter blaßgrün				Bei allen Blättern typische Chlorose				Alle Blätter weißlich chlorotisch			
	Wurzel			Blätter	Wurzel			Blätter	Wurzel			Blätter	Wurzel			Blätter
	Zahl	längste	Bem.		Zahl	längste	Bem.		Zahl	längste	Bem.		Zahl	längste	Bem.	
1. Teilversuch		5·2	alle	18·	9	4·5	alle	16·5	6	4	1 W. braune Fl.	8·6	6	3·4	alle	6·7
	5	6	alle	21·5	7	1·6	alle	14·2		3·6	auff. verzw.	6·2	4	3·2	1 braun, auff.verzw.	3·3
		4·6	alle	23·4	6	·2	1 W. braun	15·7	6	4·6	viel Seitenw., 3 W. braune Fl.	7·2	3	3	1 braun, auff.verzw.	·7
		6·2	alle	20·7	6	5·2	alle W. braun	16·2	7	2·8	alle w.	8·9	6	2·2	alle w.	4
	4	5·8	alle w.	11·2	5	5·2	1 W. braun	10·4	6	4·0	2 braune Fl., 3 W.w.	6	3	2	2 braun	3
	4	2·8	alle w.	11·6	5	4·9	1 W. braun	8·6	6	2·8	alle	4·4	2	3	2 braun	2·9
	Kü.5	3·6	auff. verzw.	3·6	5	5·5	alle w.	9·4	Kü.3	3·2	2: braune Fl. verzw.	2·6	1	2·8	2 braun	2·2

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wienl; download unter www.biologiezentrum.at

	Alle Blätter lebhaft grün				Alle Blätter blaßgrün				Bei allen Blättern typische Chlorose				Alle Blätter weißlich chlorotisch			
	Wurzel			Blätter	Wurzel			Blätter	Wurzel			Blätter	Wurzel			Blätter
	Zahl	längste	Bem.		Zahl	längste	Bem.		Zahl	längste	Bem.		Zahl	längste	Bem.	
1. Teilversuch					O.	4·6	Ko. gebrochen	6·8	Kü. 1	2·4	eingetrocknet	0·6	Kü.?1	2·6	ob. braun, sehr verzw.	2·1
					Kü. 1	2·0		1·6	Kü. 1	3·2	verschimmelt	0·7	Kü.?2	2·4	2 braun, auff. verzw.	
D.	4·7	4·88		15·81	5·4	4·51		11·04	4·6	3·4		5·02	3·1	2·73		3·21
2. Teilversuch		6	alle	23·2		4·7	alle	15·8	6	3·7	3 hellbraun, auff. verzw.	7		4·2	1 braune W. auff. verzw.	3·8
	6	5·2	alle	21·3	5	5·2	alle braune Fl.	10·7		3·4	2 braun, auff. verzw.	7·4	6	2··	2 braun. auff. verzw.	3·8
		5·6	alle	18	3	6·2	2 W. braune Fl.	11·4		4·4	alle	4·4	4	2·2	braune Fl., auff. verzw.	2·9
	5	7·6	leichte braune Fl.	19	3	5	1 W. braune Fl.	12·6	4	3·5	alle	3·7	5	2	3 braune W.	2·2
	6	6	alle	27	O. 4	4·7	Ko. verwachsen	11·2	4	4·8	alle	4·2		2·7	auff. verzw.	2·2
		7·7	alle	7·7	4	4·6	2 W. braune Fl.	6·7	3	3·2	2 braune Fl.	3	Kü.?2	3·4	1 braune W.	1·7
	6	5	alle w., 1 auff. verzw.	16·7	Kü. 6	4·5	2 W hellbraun	4·2	Kü. 1	2	alle	1·2	Kü..	2·7	beide weiß	1·7

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

2. Teil-versuch	3	6·2	oben braun	15·2	Kü.3	3·7	2 W. braun	2·2	Kü.2	2	beide W. braun	1·2	Kü.?2	2·2	beide braun	1·2
	Kü 5	3·4	auff. verzw.	4·7	Kü.2	3·2	1 W. braun	1·9	Kü.1	3·2	W. braun	1·7			auff. verzw.	
D.	5·1	5·85		16·75	4·1	4·64		8·52	3·4	3·35		3·53	2·87	2·7		2·43
3. Teil-versuch	6	4	alle w.	19·7	7	6·6	alle	18·4	7	2·6	auff. verzw.	7·2	3	3·2	1 braun, auff.verzw.	4
	5	5·7	alle w.	22·7	4	4·7	1 W. braun	10·6	6	5	auff. verzw.	5·5	5	2·4	auff. verzw.	3·1
	5	6	alle w. auff. verzw.	14·2	7	7·2	alle	14	4	3·6	2 braun, auff. verzw.	3·6	4	3	etwas braun verzw.	3
		5	alle w. 2 auff. verzw.	20·4		7	alle	12·7	4	3·6	2 braun, auff. verzw.	3·2	3	3·8	alle W. auff. verzw.	2·8
	7	11·2	alle	17·4	6	4·1	2 W. braun	9·6	4	3·2	braune Fl.	5·6	3	2·8	alle W. braune Fl.	2·8
		5·8	alle w.	20·3		4·6	alle	10·4	3	3·2	braune Fl., auff.verzw.	3·2	4	2·8	alle W. braune Fl.	2·8
	O.	4	alle	12·2		6	1 W. braun	12·7	Kü.3	3	braune Fl., auff.verzw.		Kü.1	2·2	alle W. braune Fl.	1·1
	Kü.1	3·2	alle	1·4	Kü.5	2·6	2 W. braun	3·5	Kü.2	3·2	leicht braun	1·8	Kü.2	2	alle W. braune Fl.	0·9
	Kü.3	3	braune Fl., auff.verzw.	1·2	Kü.2	3	2 weiß	1·8	Kü.2 O.	3·7	weiß	2·6	Kü.5	2·2	alle W. braune Fl.	·3
i. D.	4·6	5·32		14·38	5·3	5·08		10·4	3·88	3·3		3·85	3·3	2·71		2·53

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Download unter www.biologiezentrum.at

Bemerkungen zur Tabelle:

Kü. = Kümmerlinge.
O. = Pflanzen, die sich im Organtin verfangen haben.
Ko. = Kotyledo.
alle w. = alle Wurzeln weiß.
braune Fl. = braune Flecken.
auff. verzw. = auffallend verzweigt.
D. = im Durchschnitt.

Zur Fe-freien Stammlösung (IV, 3 Gefäße), vgl. Fig. 1 und 2.

1000 *T* dest. Wasser
0·5 *g* $Ca(NO_3)_2$
0·2 KNO_3
0·2 » KH_2PO_4
0·25 *g* $MgSO_4$, die schwach sauer reagierte,
wurden hinzugefügt.

I. (3 Gefäße)	II. (3 Gefäße)	III. (3 Gefäße)
0·2%	0·02%	0·07%
$FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6H_2O$	$FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6H_2O$	$(NH_4)_2SO_4$

Die drei gleichartigen Gefäße kamen unter eine mit feuchtem Filtrierpapier an der Schattenseite ausgekleidete Glasglocke Keimschalen aus Metall mit Wasserabschluß.

Sonntag, den 26. Juli, wurde um $^3/_4 10^h$ die durch kapillare Saugung des Systems Wurzel-Netz verlorengegangene Flüssigkeit, jeweils wenige cm^3 in jedem Gefäße, durch destilliertes Wasser ersetzt.

(Siehe vorstehende Tabelle.)

Der Versuch zeigt einwandfrei, daß sich Eisenmangel (III und IV) und Eisenarmut (II) zunächst durch katastrophale Hemmung des Längenwachstums bereits nach 3 (!) Tagen und Eisenmangel gleichfalls nach 3 (!), Eisenarmut später (nach 5 Tagen) durch katastrophale, beziehungsweise deutlich merkbare Chlorose verrät.

Die Durchschnittslängenunterschiede bei den Pflanzen der verschiedenen Teilversuche verhielten sich am Versuchsschlusse bei IV III II I wie 3·21, 2·43, 2·53 5·02, 3·53, 3·85 11·04, 8·52, 10·4 : 15·81, 16·75, 14·38, die größten Längen wie 6·7, 3·8, 4 8·9, 7, 7·2 16·5, 15·8, 18·4 23·4, 27, 22·7.

Parallel hiermit konnte auch ein meßbares Zurückbleiben in den Wurzellängen in den eisenfreien Lösungen festgestellt werden: Die betreffenden Durchschnittswerte der jeweilig längsten gemessenen Wurzeln verhielten sich bei IV III II I = 2·73, 2·7, 2·7 3·4, 3·35, 3·3 4·51, 4·64, 5·08 : 4·88, 5·85, 5·3, die jeweilig längsten Wurzeln in jeder Teilkolonne überhaupt wie 6·7, 3·8, 4 4·6, 4·8, 5 7·2, 6·2, 7·2 6·2, 7·7, 11·2, womit eine meines Wissens bisher noch nicht hervorgehobene Wirkung des Eisens, der fördernde Einfluß ausreichender Eisenmengen auf das Wachstum der Wurzeln einer bestimmten Pflanze aufgezeigt wird, eine Erscheinung, die um so interessanter ist, als die Hemmung des Längenwachstums der Wurzel durch Fe-Mangel zu der der oberirdischen Organe völlig parallel geht, und vielleicht durch die Beobachtungen von Molisch (4. 1924, 5, p. 156) [vgl. p. 3] ihre Erklärung findet.

Eine Eigentümlichkeit, die eine weitere Beachtung verdient, ist die auffallende Verzweigung der Wurzeln bei Eisenmangel, von der im letzten Versuche noch eingehender zu sprechen sein wird.

© Verlag Akademie www.biologiezentrum.at

Protokoll II: Eisen-Kieselsäure-Versuch vom 10. bis 17. August und 25. und 26. September 1925.

Vgl. p. 9 und Photographie 3.

Die Vorbereitungen zu diesem Experimente sind p. 8 und p. 6 geschildert. Der Versuchseffekt wurde in Fig. 3 der Taf. I dargestellt. Mit konzentrierter H_2SO_4 40″ vorbehandelte, gewaschene 250 Früchtchen wurden auf mit destilliertem Wasser angefeuchtetes Filtrierpapier am 5. August von $9^1/_2$ bis $10^1/_2{}^h$ ausgelegt.

Am 7. August, also nach 2 Tagen, $^1/_2 13^h$, in beiden gläsernen Keimschalen beginnende Keimung. Am 8. August kein ins Auge springender Fortschritt. Am 9. August Keimung sehr vorgeschritten, die Kotyledonen schätzungsweise 3 bis 4 *mm*. Der Allgemeineindruck: $100^0/_0$ige Keimung.

9 verschimmelte abgestorbene Keimlinge,

1 verschimmelter lebender Keimling mit 3 *mm* Würzelchen und 4 *mm* Kotyledo entfernt.

Durch Öffnen der Fenster wurde die stark bemerkbare Laboratoriumsluft entfernt.

Am 10. August kamen aufs Netz $15 \times 9 = 135$ sehr gesunde, gleich große Keimlinge von etwa 1 *cm* Wurzellänge,

$5 \times 6 = 30$ etwas kleinere Pflänzchen für den p. 9 erwähnten $K_2Si_2O_5$-Versuch.

29 Pflänzchen hatten nur die Kotylen entwickelt,

3 die Kotyledonen und die Würzelchen, waren aber verschimmelt.

Der Rest war nicht ausgekeimt.

Danach waren von 250 von der Fruchthaut befreiten Früchtchen $197 = 78 \cdot 8^0/_0$ ausgekeimt, für den Versuch aber nur 135 einwandfrei, 30 halbwegs geeignet, das sind $66^0/_0$ (vgl. p. 210).

Die Zusammensetzung der Nährlösungen vgl. p. 207 und 211).

Unterbringung in je zweimal zwei ineinander gestülpten mit feuchtem Filtrierpapier einseitig ausgekleideten Aquarien.

(Siehe Tabelle p. 228, 229, 230 und 231.)

Am 19. August wurden in $1^1/_2$ *l* dest. H_2O

$0 \cdot 4$ *g*	$(FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O)$
$0 \cdot 5$ »	$MgSO_4$
1	$Ca(NO_3)_2$
$0 \cdot 4$ »	KH_2PO_4
$0 \cdot 4$ »	KNO_3

gelöst und zu der für den SiO_2-Versuch bestimmten Flüssigkeitsmenge $0 \cdot 01^0/_0$ $CaSi_2O_5$ zugesetzt und die erwähnten Nährlösungen zu ihren zugehörigen Gefäßen zugegeben.

Damit war der Versuch als Eisenversuch beendet, weil zu allen Gefäßen eine »Eisen«lösung zugesetzt wurde und blieb also nur mehr der Si-Versuch, in dem sich mit rund $0 \cdot 2^0/_{00}$ Mohr-Salzlösungen beschickte SiO_2-freie und $CaSi_2O_5$-haltige Lösungen gegenüberstanden.

Am 22. August wurden aus Θ SiO_2:

I. 2, aus II. $3 + 2 = 5$ Keimpflanzen entfernt,

IV. 1 Keimpflanze

Die Gefäße wurden mit Nährlösung neu versehen und zur stärkeren Verdunstung die Glasplatten schief auf die Aquarien gelegt.

Sonntag, 23. August, $^3/_4 10^h$. Da Guttation an den Keimlingen zu sehen war, diese also die bisherige Art teilweiser Bedeckung vertrugen, wurden die Glasscheiben noch mehr zurückgeschoben und abgehoben.

(Siehe Tabellen p. 232.)

Dienstag, 25. August, 11^h. Die Glasplatten entfernt.

$CaSi_2O_5$-Versuch.	SiO_2-freier Versuch.
I bis III Guttation; in V gedeiht der Reis am üppigsten.	In I Guttationstropfen.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Der Beobachtung		I. Stammlösung (s. p. 5)			(0·106 *g*) II. Stl.+0·070/00 $(NH_4)_2SO_4$		
Tag	Stunde	ϴ SiO_2 1. Teilv.	ϴ SiO_2 2. Teilv.	$CaSi_2O_5$	ϴ SiO_2 1. Teilv.	ϴ SiO_2 2. Teilv.	$CaSi_2O_5$
12. August	9h45	schön grün 1 † weg	schön grün	satt-grün	schön grün 1 † weg	schön grün	satt-grün
in der $K_2Si_2O_5$ Kolonne einige Kü.				Noch kein Unterschied zwischen			
		2 *cm* Guttation		2·5 *cm* Guttation (2)[1]	2·5 *cm*	1—3 *cm*	2·5 *cm* Guttation (2)[1]
13. August	6h15	2·5—3 matt-grün Guttation	2·5—3 matt-grün Guttation	2·5—3 matt-grün ϴ Guttation	2·5—3 matt-grün Guttation	2·5—3 matt-grün Guttation	2·5—3 matt-grün ϴ Guttation
K_2SiO_3-Kolonne bleibt zurück				Kein Unterschied zwischen Zugehörige Nähr-			
13. August	19h30	blaß-grün 3 prächtige Guttation	blaß-grün 3 prächtige Guttation	blaß-grün 3 prächtige Guttation	blaß-grün 3 prächtige Guttation	blaß-grün 3 prächtige Guttation	blaß-grün 3 prächtige Guttation
14. August	9h30	Chlorose 3·5	Chlorose 3	Chlorose (dtto.)[1] 3 (2·6)[1]	Chlorose 4	Chlorose 3·4	Chlorose (dtto.)[1] 3 (3)[1]
vom $K_2Si_2O_5$-Versuch 1 Keimling (5·1 *cm*) aus 0·4 0/00 Mohr verascht							
15. August	10h						Erfolg

[1] Die Klammerausdrücke beziehen sich auf den $K_2Si_2O_5$-Versuch.

© Verlag Akademie ... www.biologiezentrum.at

III. Stl. +0·02% Mohr			IV. Stl. +0·2% Mohr			V. Stl. +0·4% Mohr		
θ SiO_3		$CaSi_2O_5$	θ SiO_2		$CaSi_2O_5$	θ SiO_2		$CaSi_2O_5$
1. Teilv.	2. Teilv.		1. Teilv.	2. Teilv.		1. Teilv.	2. Teilv.	
sattgrün	sattgrün	sattgrün	sattgrün	sattgrün	sattest grün	sattgrün	sattgrün	sattest grün
			1 † weg			3 † weg		

SiO_2-haltigen und SiO_2-freien Gefäßen.

3 *cm* Guttation	3 *cm* Guttation	2·5 *cm* Guttation	3 *cm* (2·5)[1]	3 *cm*	3 *cm* (2 Kü.)[1]	3 5 *cm*	3·5 *cm*	3 *cm* (gehemmt)[1]
rund 3 grün Guttation	rund 3 grün Guttation	rund 3 grün θ Guttation	4—5 sattest grün Guttation	4—5 sattest grün Guttation	4—5 sattest grün θ Guttation	4—5 sattest grün Guttation	4—5 sattest grün Guttation	4—5 *cm* sattest grün θ Guttation

SiO_2-haltigen und SiO_2-freien Gefäßen.

lösungen zugegeben.

blaßgrün 3·5 prächtige Guttation	blaßgrün 3·5 prächtige Guttation	blaßgrün 3·5 prächtige Guttation	sattest grün 5·5—6 prächtige Guttation	sattest grün 5·5—6 prächtige Guttation	sattest grün 5·5—6 prächtige Guttation	sattest grün 5·5—6 prächtige Guttation	sattest grün 5·5—6 prächtige Guttation	sattest grün 5·5 bis 6 *cm* prächtige Guttation
Chlorose 4·5	Chlorose 4·5	Chlorose (dtto.) 3·5 (4·5)	sattest grün 6·5	sattest grün 6·5	sattest grün (dtto.)[1] 6 (5)[1]	sattest grün 6·5 1 Keimling von 5·4 *cm* verascht	sattest grün	sattest grün (dtto.)[1] 5·5 (4)[1] (5·4)[1]
verstärkt.			Keimpflanzen stoßen oben an die Aquarien an und biegen sich über.					

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Der Beobachtung		I. Stammlösung (s. p. 5)			II. Stl.+0·07% $(NH_4)_2SO_4$ (0·106 g)		
Tag	Stunde	θ SiO_2 1. Teilv.	θ SiO_2 2. Teilv.	$CaSi_2O_5$	θ SiO_2 1. Teilv.	θ SiO_2 2. Teilv.	$CaSi_2O_5$
16. August	9h30	Chlorose	Chlorose	Chlorose	Chlorose	Chlorose	Chlorose
		3·5	3	3	4	3·4	3
Die $K_2Si_2O_5$-Pflanzen sehen schlecht aus		Durchaus schöne Guttation, die Pflanzen,					
				Organtin rostbraun[1]			Organtin rostbraun[1]
		Die Innenstürze werden entfernt,					
17. August		Der Versuch wurde ohne Glasstürze ins Neugebäude der wieder ohne Glassturz zurückgetragen worden war, erfolgte Kolonne, von denen die kürzesten bei den eisen-					
	11h	typische Chlorose	typische Chlorose	typische Chlorose	typische Chlorose	typische Chlorose	typische Chlorose
in Zentimeter		Vor der Photographie durchaus schöne Guttation.					
klei ..	(Kü.)[2]		1·5	2·6 (1·5)[2]		1·8	1·8 (1·5)[2]
mittel ...				3·5 (3)[2]		4	2·8 (3·4)[2]
groß		8		7·5 (4·5)[2]		6·5	4·3 (4·2)[2]

Überall destilliertes Wasser zugesetzt; die Aquarien wurden mit Glasplatte bedeckt.

[1] Ursache dieser Färbung sind zelluloselösende Bakterien, die schließlich gezüchtet.

Die Klammerausdrücke beziehen sich auf den $K_2Si_2O_5$-Versuch, der wegen prägte sich auch in ihm das Verhältnis des Reises zum Eisen aus. Am 17. August Chlorose, in II. schwächere Chlorose; in III. blaßgrüne, in IV. und V. satt- IV. blieben nur 3 Pflanzen übrig.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

III. Stl.+0·02% Mohr			IV Stl.+0·2‰ Mohr			V. Stl.+0·4% Mohr		
Θ SiO_2		$CaSi_2O_5$	Θ SiO_2		$CaSi_2O_5$	Θ SiO_2		$CaSi_2O_5$
1. Teilv.	2. Teilv.		1. Teilv.	2. Teilv.		1. Teilv.	2. Teilv.	
blaß-grün (Chlorose) 7	blaß-grün (Chlorose) 7	blaß-grün (Chlorose) 6	satt-grün 12—14	satt-grün 12—14	satt-grün 12—14	satt-grün 12—14	satt-grün 12—14	satt-grün 12—13

die Aquarium anstoßen, zeigen keine Tropfen.

		Organtin rost-braun[1]			Organtin rost-braun[1]			Organtin rost-braun[1]

das Wasser Aquariumgrunde bleibt.

---

d. t. Hochschule zur Photographie übertragen. Nachdem er nach der Aufnahme die Messung der jeweils kürzesten, mittellangen und längsten Pflanzen jeder haltigen Versuchen gleichzeitig als Kümmerlinge (Kü.) zu bezeichnen sind.

blaß-grün und einsetzende Chlorose	blaß-grün und einsetzende Chlorose	blaß-grün Chlorose	intensiv grün	intensiv grün	intensiv grün	intensiv grün	intensiv grün	intensiv grün
4	6·6	4·2 (1)[2]	2·7		8·5 (3·5)[2]	9·5	6	8 (1·5)[2]
13	11	10·2 (5·5)[2]	18·9	13·5	10·8 (13·4)[2]	15·5	13·8	14·2 (7·4)[2]
15·5	15·8	14·2 (15·5)[2]	**21**	**19·5**	**17·5** (15·5)[2]	**20·6**	**18·5**	**18·5** (5·1)[2] verascht

den Organtin völlig lösen, sie wurden von meinem Schüler Dr. R. Bojanowsky

des minderen Ausgangsgutes, schlechtere Ergebnisse lieferte. Immerhin aber zeigte der Versuch durchaus Guttation. In den Fe-freien Lösungen: in I. typische grüne Färbung. Aus II. und III. je 1 verschimmelter Keimling entfernt. In

© Verlag Akademie der Wissenschaften; download unter www.biologiezentrum.at

$CaSi_2O_5$-Versuch.

I.	II.	III.	IV.	V
Kümmerlinge erheben sich infolge der Fe-Zugabe, blaß		Kümmerlinge erholt, immer noch etwas blässer, reichen bis fast an den Glasdeckel	prächtiges Aussehen	1 Pflanze † entfernt; Keimlinge sehen am besten aus und wachsen über den Aquariumrand herab

SiO_2-freier Versuch.

I.	II.	III.	IV	V.
Am 22. August noch immer sehr blaß, am 23. August zum Teil intensiv grüne neue Blätter getrieben		wie I und II	die prächtigen Blätter hängen über den Aquariumrand herab	

Dienstag, 25. August, 13h. Mit einer neu hergestellten Nährlösung der p. 5 mit 0·2‰ Mohrsalz wurden die verdampften Flüssigkeitsmengen in allen Kulturgefäßen ergänzt, die im $CaSi_2O_5$-Versuche natürlich mit dieser Nährlösung mit einer Aufschwemmung von 0·01% $CaSi_2O_5$.

Donnerstag, 27. August, $6^1/_1{}^h$ (nach heißem Dienstag und regnerischem Mittwoch). Zu allen Gefäßen, auch denen des $K_2Si_2O_5$-Versuches (I bis IV) wurde die 0·2‰ Mohrsalz-Nährlösung zugesetzt. (Es war viel Wasser abgedampft.)

Der Unterschied von SiO_2-freien und SiO_2-haltigen Kulturen tritt immer mehr zugunsten der SiO_2-haltigen zutage.

Am besten sehen die Keimlinge in 0·4‰ Mohrsalzlösung mit $CaSi_2O_5$-Zusatz aus. Die Chlorose in I, II und III ist noch immer nicht ganz überwunden, auch nicht in 0·02‰ Mohr (III[!]).

27. August, $19^1/_2{}^h$. Wieder neue Nährlösung zugefügt, da dem heißen Tag viel Wasser abgedampft war. Die Pflanzen scheinen zu welken.

Beim $K_2Si_2O_5$-Versuche brauchte nur zu IV. Nährlösung zugegeben werden.

Samstag, 29. August. Umadjustierung des Versuches: Die langen, überhängenden Blätter werden mit Zwirn an Wurstspreilern aufgebunden.

Wieder erscheinen die Pflanzen des $CaSi_2O_5$-Versuches mit der ursprünglichen Menge von 0·4‰ $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6H_2O$ am besten entwickelt.

Die in der »Transpirations«-Periode des Versuches zugrunde gegangenen Pflänzchen wurden entfernt, die anderen in die zugehörigen Gefäße zusammengegeben, was um so leichter ohne Wurzelbeschädigung möglich war, als der Organtin durch Zellulosezerstörer fast völlig mazeriert war.

Die Versuchsangaben beziehen sich also von jetzt ab nur mehr auf jene Pflanzen, die am Versuchsschlusse bei der Detailmessung erwähnt werden.

© Verlag Akademie der Wissenschaften in Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Sonntag, 30. August. Wegen der Vertrocknungsgefahr wurden über die angebundenen Pflänzchen 32 l-Stürze mit einseitiger schattenseitiger Filtrierpapierauskleidung und frischem Wasserabschluß gegeben.

Dienstag, 1. September 1925. Etliche Pflanzen zeigen Guttation, hauptsächlich liegen aber Tautropfen auf den Pflanzen. Das Aussehen der Keimpflanzen ist frischer, sonst nichts von Belang; der Sonnenmangel scheint den Versuch zu beenden. Unter den Glocken ist ein Geruch nach Terpenen von den Wurstspreilern zu spüren, der aber

Donnerstag, 3. September, verschwunden ist und den Keimpflanzen keinen sichtbaren Schaden bereitet zu haben scheint, da das Aussehen der Keimlinge dem vom 1. September gleicht.

Samstag, 5. September. 1 Pflanze zeigt wieder zweifellos Guttation. Die $CaSi_2O_5$-Pflanzen sehen gesünder aus. Neuerliche Zugabe der $0{\cdot}2‰$ Mohrsalznährlösung, im $CaSi_2O_5$-Versuch mit $0{\cdot}01\%$ $CaSi_2O_5$-Zutat.

Bis 12. September immer sinnfälligere Erholung der Pflanzen des $CaSi_2O_5$-Versuches, die reichliche Guttation und meist schöne grüne Farbe zeigen. Augenfälliges Wachstum ist in dem Gefäß mit der ehemaligen $0{\cdot}4‰$ $FeSO_4+(NH_4)_2SO_4+6H_2O$ Nährlösung zu bemerken. Die Pflanzen dieses Gefäßes, die sparrig und vor Gesundheit strotzend aussehen, müssen neu gebunden werden, da sie über die Zwirnbinden hoch weiter gewachsen sind und überhängen. Die Pflanzen des SiO_2-freien Versuches werden immer blässer, immer matter, vielfach weiß, kurz sehen kränklich und schwach aus. Etliche Blätter rollen sich korkzieherartig zusammen. Es scheint ihnen jeder Halt zu fehlen.

Am 15. September. Zu jedem Gefäße des $CaSi_2O_5$-Versuches wird $0{\cdot}1\%$ (für 300 cm^3 also $0{\cdot}3\,g$) $CaSi_2O_5$ zugewogen.

Am 16. und 17. September waren die Unterschiede in dem Chlorophyllgehalt der SiO_2-haltigen und SiO_2-freien Kulturen weiter vorgeschritten. In dem »$0{\cdot}4‰$ Mohrsalz«-Gefäße quellen die sattest grünen Blätter geradezu aus den hemmenden Bindfädenknoten hervor.

Die Messungsergebnisse am Versuchsschluß, am 25. und 26. September 1925, sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben.

Daraus ist zu ersehen, daß

1. die nachträgliche Eisenzufuhr in den Kolonnen I, II und III gleichgültig, ob SiO_2 vorhanden war oder nicht, die in den ersten Versuchstagen durch den Eisenmangel geschaffenen inneren Störungen sämtlicher Pflänzchen nicht mehr vollständig zu beheben imstande war. Die nach der Eisenzutat einsetzende Erholung vermochte nur einige Keimpflanzen bis zur Länge von 16·8, 10·7 und 25 *cm* heranwachsen zu lassen. Die große Masse ging alsbald ein und starb oder siechte bis zum Versuchsschlusse hin.

2. Ungemein auffallend wurde die bei der täglichen Kontrolle bereits ins Auge springende Förderung der Pflänzchen aus den SiO_2-haltigen Gefäßen der Fe-reicheren Nährlösungen durch das Messungsergebnis bestätigt.

Besonders in jenem Gefäße, in dem sich

3. $0{\cdot}4‰$ $FeSO_4+(NH_4)SO_4+6H_2O$ als Nährflüssigkeit+$CaSi_2O_5$ befand, ergaben sich Blattlängen der zweiten Blätter bis zu 44·2 *cm*, während bei den $CaSi_2O_5$-frei gezogenen Keimpflanzen der gleichen Mohrsalzkonzentration im besten Falle Längen der zweiten Blätter von 31·2 bis 31·5 *cm* gemessen werden konnten.

4. Dieser Unterschied zwischen eisenreich (V) SiO_2-haltig und SiO_2-frei gezogenen Pflanzen wird besonders sinnfällig, wenn man die Blattmenge und die Summen der Blattlängen miteinander vergleicht. Diese verhalten sich wie 7 u. 17 in den beiden SiO_2-freien Gefäßen zu 27 in den SiO_2-haltigen eisenreichen Nährlösungen und ihre zugehörigen Blattlängensummen wie 110·4 u. 413·9 zu **724** *cm*.

Dies erklärt sich einerseits durch direkte Hemmung des Längenwachstums, anderseits durch frühzeitiges Verkümmern der eben angesetzten neuen Blätter in der SiO_2-freien Lösung.

Der Ausfall dieses Experiments spricht also ebenso wie die p. 10 besprochenen Veraschungsergebnisse sehr für die Wahrscheinlichkeit, daß sich SiO_2 für Reis als notwendig herausstellen dürfte.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Messungen am Versuchsende des »SiO_2«-Versuches
(25. und 26. September 1925).

Wurzel			Blatt				
Zahl	Länge	Bemerkung	äuß.	1.	2.	3.	Bemerkung
			I. Stammlösung				
9	3·8		21	16·6			H. oben b. u. g.
10	3·4		7				A.
8	4·4		16·8				H. g., u.-Bl., b.-gr. .-A.
4	3·2		3·2				.-A.
3	3·4		3·0				
3	3·2		2·5				
	3·4		3·0				
4	3·4		6·4				
			I. Stammlösung + $CaSi_2O_5$				
5	5·6		10·7	26·4			P. t., Bl. .-b.
4	3·6	a.-v.	3·7				Bl. t.
6	3·6		4·7				
4	3·2	v.	4·0				t.
3	4·2	a.-v.	3·2				
4	3·0		3·0				
3	3·0	sehr b.	1·5				
3	3·0	Basis b.	3·8				
5	3·5	a.-v.	4·2				»
			II. $(NH_4)_2SO_4$				
	3·2	a.-v.	9·4				gr.
5	3·2		8·9				a.
3	4·4		4·0				
4	3·2		3·5				
2	3·9		3·0				
7	4·0		16·2	13·0			äuß. Bl. a., u.-Bl. gr.
7	3·2		25·0	17·0			äuß. Bl.

Längenmaße in Zentimetern.

© Verlag Akademie der Wissenschaften in Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Wurzel			Blatt				
Zahl	Länge	Bemerkung	äuß.	1.	2.	3.	Bemerkung
II. $+CaSi_2O_5$							
4, 3	5·6	a.-v.	6	9·5	12·8		H. w. u.-Bl. ge. gr.
	4·2		7·0	21·2	13·0		u.-Bl. gr. chl.
5	4·5		4·2 = Gesamtlänge d. P.				
2	4·6		3·7 =			a.	
1	3·2	v.	3·0				t.
4	3·2	a.-v., eine frisch.	2·5				
4	4·2	2 junge W.	1·2 = Gesamtlänge d. P.				
3	3·0		1·5 =				
4	4·5		4·0 =		, schon mazeriert		
III. 0·02 p. M. $FeSO_4+(NH_4)SO_4+6H_2O$							
5	5·2	w.	8·6				w. und t.
7	5·2		14·0				
7	5·6		10·2				b. und t.
5	4·6		15·8				
6	7·0		32·6				»
6	5·2		28·9				weich und t.
6	4·7		36·2				zum Teil gr. sonst b. und t.
5		wenig kurze Seiten-W.	23·4				b. und t.
4	5·0		9·5				hellb. und t.
7	5·0		3·2				t. und b.
	4·8		13·0				oben w., t. schneeweiß.
III. $+CaSi_2O_5$							
7	7·4		10·7	18·3	27·4		H. = 7 *mm* b. an d. S. u.-Bl. o. gr. letztes Bl. fast w. am Grunde.
6	5·4	w.	12·2	27·4			H. o. hellb. an d. S. 3 *cm* w., M. gr. an d. Ba. b. Flecke.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

(Zu Tabelle III.) III.+$CaSi_2O_5$

Wurzel			Blatt				
Zahl	Länge	Bemerkung	äuß.	1.	2.	3.	Bemerkung
Abgestorbene Pflänzchen:							
4	8·5		5·6	14·2	16·2		w., b., t.; 2. etwas gr.
	5·4	w.	16·2	15·2			völlig w. geworden.
3	5·3		8·5	12·4			
6	7·0		18·6	15·2			ganz w. und durchsichtig.
3	5·2						
4	5·7	a.-v.	6·4				ganz w. und a.
IV. 0·2 p. M. $FeSO_4$+$(NH_4)SO_4$+6 H_2O							
5	4·4	o.b.,geschwärzt.	19·4				b. und t.
3	6·7	oben b.	30·5				w. t.
6	6·6	w.	23·0	17·0			H. w., u.-Bl. gr.
10	6·0	hellb. Flecke.	25·4	23·5			H. w., i.-A.
Wanderung einer wicht. Nährsubst., d. Eisens od. d. Kieselsäure, v. H. zum Bl. (vgl. p. 13).							
	5·6	w.	22·0	22·0			H. w., i.-A. u.-Bl. noch gr.
8	7·0	wenig b. Flecke.	28·0	15·4			H. gr., u.-Bl. sattgr. an d. S. schon a.
8	6·0	w.	22·6	23·6			H. w.-ge.,
		Bild d. Nährstoffwanderung wie oben					u.-Bl. gesund gr.
1	2·0		5·0				P.
6	10·5	w.-b.	17·2				
14	9·3		29·2	28·2	21·3		H. b. und a. u.-B. noch gr., 2. sattgr.
13	9·4	junge W., schneeweiß.	35·2	37·0	23·2		H. im a., w.-b., .-Bl. gr.
im Absterben:							
6	6·8	b. a.	21·4	23·0			
5	·2		8·3	16·7			u.-Bl. gr.
6	·0		25·2	19·0			H. w., t., u.-Bl. gr.
10	8		20·4	21·0			H. schwach gr., u.-Bl. gr.
2	7·0	w.	10·6				völlig w., fast t.
4	·0		16·0				w. geworden, t.

© Verlag Akademie www.biologiezentrum.at

IV. $+CaSi_2O_5$							
Wurzel			Blatt				
Zahl	Länge	Bemerkung	äuß.	1.	2.	3.	Bemerkung
	6·0	lichtb.	12·0	15·4			H. ganz g., u.-Bl. gr.
4	7·2	eine b., die and. w. beginnende Verzweigung.	10·5	8·6	4·0		alle wie chl.
3	4·8		6·7	6·2			vertrocknet, t.
4	7·2	w.	5·6	15·6			t. P.
1	5·2	oben b.	3·2				
IV. $+CaSi_2O_5$							
5, 4	8·7, 7·0		26·5	38·1			H. 0·6 *cm* b., u.-Bl. gr.
							H. breit an d. Ba. 0·4 *cm*.
5	8·2		13·2	24·5	15·4		H. gr., u.-B. schwach gr., wie chl.
4	4·6		18·3	·4			H. oben ei., an d. Ba. kommen Bl. heraus.
4	4·2		20·0	26·0			H. an d. S. b, Bl. w., Bl. o. gr.
	6·7		22·0	28·4			H. an d. S. b., u.-Bl. an d. S. b., M. noch gr.
5	5·2		21·0	19·			H. an d. S. b., u.-Bl. Ba.
3	5·2		10·7				ei.
Kümmerlinge:							
2	3·9		0·5				
3	3·0	verfault, Gesamtlänge d. P. 4 *cm*					
IV. $+CaSi_2O_5$							
6	8·6	hellbraune W.	21·2	28·2	22·2		H. o. b., u.-Bl. o. b., u.-Bl. wie chl.
8	7·7		18·8	33·5	27·6		H. S. b., u.-Bl. sattgr.
6	3·8		16·6	24·0	21·2		H. o. br., dann w. an d. Ba., .-Bl. gr., u.-Bl. chl.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

(Zu Tabelle IV.) IV.+$CaSi_2O_5$

Wurzel			Blatt				
Zahl	Länge	Bemerkung	äuß.	1.	2.	3.	Bemerkung
Abgestorbene Pflanzen:							
	5·2		4·6 } Gesamtlänge				
	4·0		3·6 } d. P.				
V. 0·4 p. M. $FeSO_4$+$(NH_4)SO_4$+6 H_2O							
9	9·2		30·5	16	15·2		H. b. u. die Hälfte noch gr.
4	6·0	o. b.	23·7				o. w., dann b. a.
Kümmerlinge:							
3	6·0	o. b.	11·6				b. a.
5	4·0		6·4				a. b.
2	6·8		17·0				b.
10	4·3	w.	26·0	24·2			H.-S. a., dann hellgr.
7	5·5		16·6				H. w. a.
6	6·8		17·6				H. w. ei.
11	6·0		37·5	31·2			H. = 7 *cm* ei. w., sonst gr., u.-Bl. gr.
5	6·2		26·5	26·0			u.-Bl. sattgr.
8	7·6		25·6	29·2			H. = 3 *cm* ei., u.-Bl. gr.
9	7·6	b. Flecke.	16·0	31·5	31	17·6	H. w. a. u.-Bl. S. 3 *cm* a.w., das andere gr., das letzte sattgr.
Kümmerlinge:							
	3·9	w.	16·6	11	3·0		H. ei. u.-Bl. sattgr. u.-Bl. gr., S. 3 *cm* ei.
	3·8		7·3				w. leicht b.-gr.
V. +$CaSi_2O_5$							
7	6·0	W. veralgt, 1 junge W.	21·7	40·2	39·5	26·2	sattgr., steife Bl. H.-S. b.
6, 5	7·4	W. veralgt.	25·5	44·2	42	25·3	H.-S. b., die anderen gr.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

(Zu Tabelle V.) V.+$CaSi_2O_5$

Wurzel			Blatt				
Zahl	Länge	Bemerkung	äuß.	1.	2.	3.	Bemerkung
5, 6	5·6		20·5	35·2	32·2	26·3	H.-S. ei.
6, 2	6·8	veralgt.	21·2	35·2	38·0	19·0	H.-S. b.
5, 2	5·4		21·2	36·0	35·2		H. hellbr. S.
5	5·7		18·0	24·2	17·6		H. teilweise ei.
6	4·7		18·6	34·0	29·0		H.-S. ei.
4	4·6		15·6	22·6			H. gr.

Bei V. +$CaSi_2O_5$ starke Guttation.
Dieser Versuch wurde bis zum 18. Oktober 1925 stehen gelassen und dann entfernt.

Zeichenerklärung.

	abgestorben	o.	oben
a.-v.	auffallend verzweigt	P.	Pflanze
b.	braun	S.	Spitze
Ba.	Basis	t.	tot
b.-gr.	blaßgrün	u.	und
Bl.	Blatt, Blättchen	.-Bl.	umschlossenes Blatt
chl.	chlorotisch	un.	unten
	eingetrocknet		verzweigt
	gebleicht	w.	weißlich
	gelb	W.	Wurzel
gr.	grün		
H.	Hüllblatt		
.-A.	im Absterben	erste Zahl = alte Wurzel } unter	
M.	Mitte	zweite Zahl = neue Wurzel } Wurzel!	

Literaturverzeichnis.

Arcichovskij V., Die Wirkung der Giftstoffe verschiedener Konzentrationen auf die Samen. Ein Beitrag zum Studium der biochemischen Wirkung der höchstkonzentrierten Lösungen. Biochem. Zeitschr., 50. Bd., 1913, p. 233.

Benecke W. s. Jost L.

Birner und Lucanus, Versuchsstationen. 8. Bd., p. 128, 1866; it. n. Jost, p. 92 und 663.

Clausen H., Unters. über die Erblichkeit der größeren Produktionsfähigkeit beim Saatgetreide. Journ. f. Landw. Bd. 49, 1891; zit. n. Schindler, p. 126 und 136.

Crone von der G., Ergebnisse von Untersuchungen über die Wirkungen der Phosphorsäure auf die höhere Pflanze und eine neue Nährlösung (Diss.). Bonn 1904, 40 S.; zit. nach Jost, p. 93.

Errera, Wandtafeln. 1898.

© Verlag Akademie der Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Fischer Alfr., Wasserstoff- und Hydroxylionen als Keimungsreize. Ber. d. deutsch-bot. Ges., 25. Jahrg., Bd. 25, 1907, p. 108.

Jodin. 1883. Annales d. Chim. et d. Phys. (*5*), Bd. 30, p. 485; zit. Jost, p. 98.

Jost L., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 2. Aufl., Verl. v. G. Fischer, Jena 1908. Pflanzenphysiologie von W. Benecke u. L. Jost, Bd. I. Stoffwechsel von W. Benecke, Bd. II. Form- und Ortwechsel v. L. Jost, 1925 im gleichen Verlag, p. 135, 141 u. 143.

Kisser J., Versuche über die Wirkung konz. Schwefelsäure auf die Kei von Leguminosensamen; zit. n. Richter O., *6*, 1924, p. 275.

Knop 1860. Versuchsstationen. Bd. 2, p. 65 und 270; zit. n. Jost, p. 92.

Küster E,, Anleitung zur Kultur der Mikroorganismen. 2. Aufl., Leipzig-Berlin, Verl. v. B. G. Teubner, 1913.

Lepeschkin W., Lehrbuch der Pflanzenphysiologie auf physikalisch-chemischer Grundlage. Berlin 1925. Verl. v. Jul. Springer.

Molisch H., [1] Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena 1892. Verlag Gust. Fischer.

— [2] Die Ernährung der Algen. I. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien. Bd. CIV, Abt. I, Okt. 1895, p. 8 des Sep.-Abdr.

— [3] Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. 2. Aufl. Jena 1918. Verl. v. G. Fischer.

— [4] Botanische Beobachtungen in Japan. (III. bis IX.) VIII. Mitteilung. Die Eisenorganismen in Japan. Science Reports of the Tohoku Imperial University. Fourth Series Biology. Sendai, Japan, Vol. 1, Nr. 2, p. 135, 1924/25.

— [5] Pflanzenbiologie in Japan Grund eigener Beobachtungen. Jena, Verlag von Gustav Fischer, 1926, p. 30.

Noll F., Physiologie in Strasburger E., Noll Fr., Schenk H. Schimper A. F. W. Lehrbuch der Botanik für Hochschulen. Jena 1898. Verl. G. Fischer, p. 128 u. f.

Pfeffer W., Pflanzenphysiologie. 1. Bd. Stoffwechsel. Leipzig. Verl. W. Engelmann, 1897.

Popoff Methodi, Zellstimulation und ihre theoretische Begründung. Zellstimulationsforschungen. Berlin, Verl. Paul Parey, 1924, Bd. I, H. 1, August 1924.

Richter Oswald, [1] Unters. über das Magnesium in seinen Beziehungen zur Pflanze (I. Teil). Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. in Wien. Math.-naturw. Kl., Bd. CXI, Abt. 1, April 1902, p. (171) 1.

— [2] Zur Physiologie der Diatomeen (I. Mitt.) ebenda. Math.-naturw. Kl., Bd. CXV, Abt. I, Jänner 1906, p. (27) 1.

— [3] Beiträge zur mikrochemischen Eisenprobe. Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie f. mikroskop. Technik. Bd. 39, 1922, p. 1 bis 28.

— [4] Beiträge zur Eisenaufnahme durch technisch wichtige Fasern u. a. pflanzliche und tierische Rohstoffe in ihrer Bedeutung für diagnostische Fragen. Faserforschung. II. Bd., 3. H., p. 189, 1922.

— [5] Konz. Schwefelsäure, konz. Kalilauge als Treibmittel u. a. Erfahrungen über Pflanzentreiberei. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 1922. Bd. XL. Generalvers. H. 18, Mai 1923, p. (43).

— [6] Frühtreiben durch Brand und konz. Schwefelsäure, auch bei gärtnerisch wichtigen Gewächsen. Beitr. z. landw. Pflanzenbau, insbesondere Getreidebau. Festschrift Fr. Schindler. Berlin 1924. Verl. v. P. Parey, p. 268.

— Referat über Molisch's Arbeiten, Botanische Beobachtungen in Japan. Zentralbl. f. Bakt. v. Parasitk. Jahrg. 1926.

Richter Viktor v., Lehrbuch der anorganischen Chemie. 9. Aufl., bearbeitet H. Klinger. Bonn 1897. Verl. v. Fr. Cohen.

Sachs. 1860. Versuchsstationen. Bd. 2, p. 22 und 224; zit. Jost, p. 92.

— 1862. Flora. Bd. 45, p. 52; zit. n. Jost, p. 92.

— 1882. Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, Leipzig; zit. n. Jost, p. 92.

— 1865. Handbuch der Experimentalphysiologie; zit. n. Molisch (*1*), p. 90.

© Verlag Akademie www.biologiezentrum.at

Salm Horstmar. 1856. Vers. und Resultate über die Nahrung der Pflanze. Braunschweig; zit. n. Jost, p. 92/8.

Schimper A. F. W., Über Kalkoxalatbildung in den Laubblättern. Bot. Zeitg., 46. Jahrg., Nr. 7, 17. Februar 1888, p. 98.

Schindler Fr., Handbuch des Getreidebaus. . Aufl., 1920. Verl. v. Paul Parey.

Semler H., Die tropische Agrikultur. 2. Aufl.. 3. Bd., Wismar 1903. Himstorffsche Hofbuchh., p. 29.

Sviecicki. 1900. Berichte d. landw. Institute in Halle. Bd. 14; zit. nach Jost, p. 98.

Wiesner Jul. v. †, Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. 3. Aufl., 3. Bd. Leipzig. Verl. W. Engelmann. 1921. Wiesner und Weese J., Fasern, p. 375.

Willstätter Rich. und Stoll Arthur, Untersuchungen über Chlorophyll. Berlin. Verl. v. Jul. Springer, 1913, p. 169.

Wolff E., Aschenanalysen. Berlin 1871 (zit. Molisch, *1*, p. 42 3 und Schindler Fr., 1920, p. 75).

Figurenerklärung.

Fig. 1 bis 3. Versuche über das große Eisenbedürfnis von Reis, *Oryza sativa*.

Fig. 1 und 2 beziehen sich auf den Versuch vom 24. Juli bis 4. August 1925 (vgl. p. 207 und 220).

Fig. 1 zeigt den Versuch am 30. Juli 1925, nach 6 Tagen, und zw. die in Fig. 2 dargestellten 4 vorn stehenden Gefäße (vgl. p. 222).

Fig. Diese und die gleichartigen Gefäße der beiden anderen Versuchskolonnen am Versuchsschlusse, den 4. August 1925 (vgl. p. 223).

Die Gefäße I enthalten die komplette Nährlösung, das Eisen als $FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O$ in $0{\cdot}20/_{00}$.

Die Gefäße II haben zur Stammlösung bloß $0{\cdot}02/_{00}$ $FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O$ erhalten.

Die Stammlösung in Gefäß III und IV ist eisenfrei. IV enthält nur die Stammlösung. III diese mit jener Menge $(NH_4)_2SO_4$, die mit der in $0{\cdot}20/_{00}$ $FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O$ isosmotisch ist.

Fig. 1 und 2 zeigen 1. bei III und IV die sofort und katastrophal einsetzende Chlorose und Hemmung des Längenwachstums der Keimlinge. In Fig. 1 ist in den Längen noch gar kein Unterschied zwischen den Keimlingen aus III und IV zu sehen, in Fig. 2 ist eine leichte Förderung der Pflänzchen in den mit $(NH_4)_2SO_4$ als dritte Stickstoffquelle — den Keimlingen steht N in $Ca(NO_3)_2$ und KNO_3 zur Verfügung — bedachten III.-Gefäßen zu bemerken.

Die Gefäße II beweisen einwandfrei, daß Reis mit einer Spur Fe [$0{\cdot}02/_{00}$ $FeSO_4 + (NH_4)_2SO_4 + 6\,H_2O$] nicht auskommt. Auch Gefäß III zeigt in Fig. 1 starke Chlorose, in Fig. 2 nach 11 Tagen noch immer schwache Chlorose und in beiden Figuren Hemmung des Längenwachstums.

In beiden Figuren 1 und 2 kommt selbst in der Photographie der durch die sattgrüne Färbung der Blätter bedingte Kontrast zu den Pflänzchen aus II bis IV zur Darstellung. Über die Förderung des Längenwachstums in der kompletten Lösung der Gefäße I kann kein Zweifel bestehen.

Fig. 3. $Fe\text{-}CaSi_2O_5$-Versuch vom 10. bis 17. August und 25. und 26. September 1925 mit paraffinierten Glasgefäßen (vgl. p. 210 und 227).

Die Gefäße der Gruppe I enthalten eine Fe-freie Stammlösung

» II außer der Fe-freien Stammlösung

$(NH_4)_2SO_4$ in isosmotischer Menge mit dem $(NH_4)_2SO_4$ aus $2/_{00}$ Mohrsalz.

© Verlag Akademie der Wissenschaften, Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Gefäße der Gruppe III enthalten $0 \cdot 02^0/_{00}$ Mohrsalz
IV $0 \cdot 2^0/_{00}$
V $0 \cdot 4^0/_{00}$

Die Früchtchen waren durch Behandlung mit konzentrierter H_2SO_4 entschält.

Die im Vordergrunde stehende Gefäßkolonne enthält $CaSi_2O_5$, die zwei rückwärtigen Gefäße jeder Gruppe sind SiO_2-frei.

Im Habitus ist zwischen SiO_2-hältigen und SiO_2-freien Gefäßen in keiner Gruppe ein Unterschied zu bemerken. Unterschiede traten erst viel später hervor (vgl. p. 233).

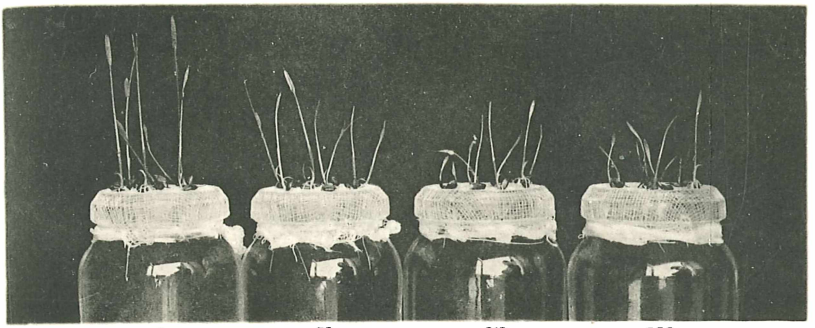
Die Pflanzen ohne Eisen in I und II zeigen starke Chlorose
mit wenig Eisen in III » schwache Chloros

und Hemmung des Längenwachstum, wie die analogen in Fig. 1 und 2.

Die Pflanzen in den Fe-reichen $0 \cdot 2^0/_{00}$ und $0 \cdot 4^0/_{00}$ Lösungen sind sattgrün und im Wachstum gefördert; die in V etwas weniger als in IV.

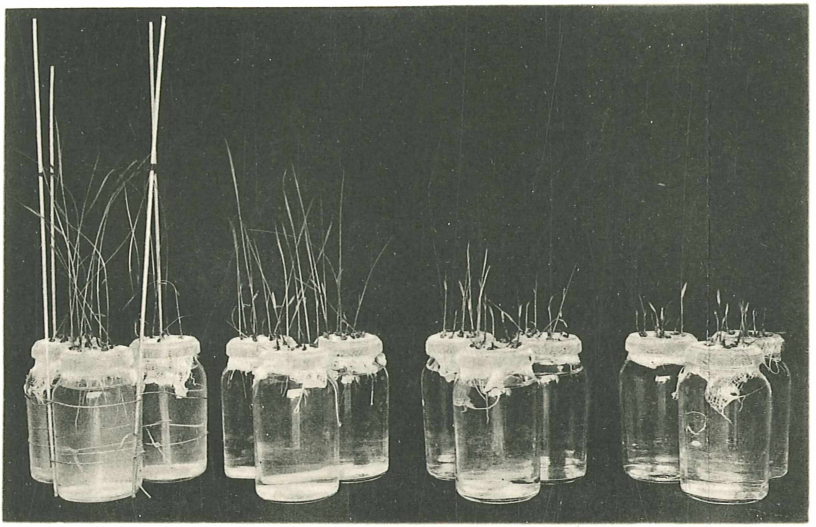
www.biologiezentrum.at

Fig. 1.



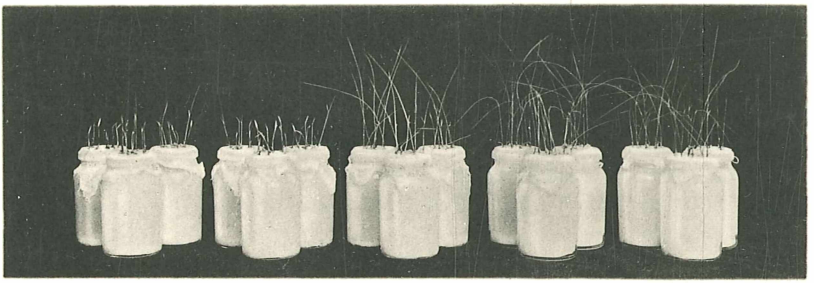
I. II. III. IV.

Fig. 2.



I. II. III. IV.

Fig. 3.



I. II. III. IV. V.

phot. techn. cand. Walter Albrecht. Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien